
农田水利小丛书 5
小型水闸
上海人民出版社

农田水利小丛书（五）

小 型 水 闸

华东水利学院农水系
《农田水利小丛书》编写组 编

上 海 人 民 出 版 社



说　　明

遵照毛主席关于“**水利是农业的命脉**”的教导，为适应我国农田水利事业的迅速发展，为广大的社队水利干部提供农田水利的参考及一般基础知识，通过广泛的调查研究，编集了这套《农田水利小丛书》。

内容包括：测量及水文基本知识；农田灌溉；防洪除涝、盐碱土改良及水土保持；小型水库；小型水闸；机电排灌；社队水利规划；水利管理等八个分册。内容比较广泛。

本套丛书以社队水利干部、贫下中农和知识青年为对象。其他单位可供参考。

毛主席语录

深挖洞、广积粮、不称霸。

水利是农业的命脉，我们也应予以极大的注意。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

前　言

“农业是国民经济的基础”，“水利是农业的命脉”。全国解放以后，在党和毛主席的正确领导下，农业走上了集体化的道路，农田水利事业得到了不断的发展。但是刘少奇推行的修正主义路线，干扰了农田水利事业的深入发展，在农田水利建设问题上，存在着两条道路、两条路线的激烈斗争。经过无产阶级文化大革命，在普及、深入、持久的批林批孔运动推动下，广大贫下中农和干部的路线斗争觉悟不断提高，他们狠批林彪孔老二“克己复礼”的反动纲领，和形形色色的资本主义倾向，坚持社会主义道路；狠批“天命论”，大破右倾保守和懦夫懒汉世界观，树立人定胜天的信心；狠批上智下愚的唯心史观，克服等、靠、要的思想。在毛主席“**备战、备荒、为人民**”“**深挖洞、广积粮、不称霸**”的伟大战略方针指引下，以“**愚公移山、改造中国**”的英雄气概，决心重新安排河山。在党的一元化领导下，自力更生，艰苦奋斗，治山治水，改土造田，扎扎实实地建设旱涝保收、高产稳产农田。各地在农田水利基本建设上抓三个方面：一是尽快达到一人一亩旱涝保收、高产稳产农田；二是大力发展小型水利，把后进地区促上去；三是抓管理，保安全，促配套，夺高产。大批促大干，大干促大变。目前，祖国大地上，到处掀起农田基本建设的高潮，为夺取农业的更大丰收创造条件。

河南省林县人民劈开太行山，引进漳河水，把有名的“光岭秃山头，清水贵如油”的穷山沟，变成渠道纵横，清水畅流的

社会主义新山区。冀、鲁、豫三省人民在治理黄河、淮河、海河的同时，大搞打井开沟，平田整地的农田基本建设，与旱、涝、碱作斗争，有力地促进了农业生产的发展。太湖地区广大贫下中农根据本地区特点和农业生产发展的要求，大搞农田灌溉的技术革新，把地面渠道改建为地下渠道，为农业现代化及增产创造了有利条件。类此先进事例，不胜枚举。

农田水利事业取得如此辉煌的成就，是毛主席的无产阶级革命路线的胜利。

为了适应农田水利事业的迅速发展，为广大的社队水利干部提供农田水利工作的参考及一般基础知识，我们编写了这套小丛书，包括：测量及水文基本知识，农田灌溉，防洪除涝、盐碱土改良及水土保持，小型水库，小型水闸，机电排灌，社队水利规划及水利管理等。内容比较广泛，力求通俗易懂。由于农田水利的地区性很强，而我国幅员广大，地理、气候及农业生产条件，南北殊异，这里介绍的是以南方为主，因此有一定的局限性。加以编者马列主义、毛泽东思想学得不好，实践不够，资料搜集和调查研究又不足，谬误之处一定不少，热诚希望同志们提出批评指正。

华东水利学院农水系
《农田水利小丛书》编写组

目录

小型水闸

水闸是既能挡水又能泄水的壅水建筑物，能调节流量和控制水位，在灌溉、排涝、防洪等农田水利事业中占有很重要的位置。解放以来，全国各地修建了很多水闸，在消除水害，发展水利，促进农业高产稳产方面起了很大的作用。

农田水利中常见的水闸种类很多，根据它的位置和用途分：有进水闸、分水闸、节制闸、泄水闸、冲砂闸、排水闸及套闸等。这些水闸的结构型式、名称、用途、材料和布置虽不相同，但其作用、工作特点、组成部分及构造却大致相同。下面介绍一般水闸的设计。

一、水闸的工作特点

虽然水闸上下游水位差(即水头)不大，但也有它自己的工作特点，现说明如下：

(一)地基方面

水闸一般都是建造在砂土、粘土、壤土等土基上。这些地基常常夹有压缩性大、强度低的软粘土或淤泥，在水闸上部结构的重压下，地基可能发生过大的沉陷或不均匀沉陷。过大的均匀沉陷会使水闸的高程降低，达不到设计要求；不均匀沉陷会使水闸局部发生倾斜、裂缝或倒塌，不能正常工作。在这类地基上修建水闸时，应使水闸结构型式和地基强度相适应，必要时还要对地基进行处理。

(二)水流方面

(1) 水闸开门放水时，由于水头的作用及水流通过闸孔的收缩，闸下出流具有很大的动能，下游河(渠)床及岸坡，将受到严重冲刷，甚至影响到闸身安全。一般土基抗冲能力较差，所以消能防冲问题是水闸设计中的重要问题之一。

(2) 水闸关门挡水后，形成上下游水位差，促使水从上游通过地基及两岸的土壤孔隙向下游流动，这种现象叫做渗透水流，简称渗流(见图8)。渗流对水闸有以下的影响：

1) 渗透压力：在地基中渗透的水，对水闸底板产生向上的顶托力，叫做渗透压力。它抵消了一部分水闸的有效重量，降低了水闸抵抗滑动(在水压力作用下，整个水闸有向下游滑动的可能)的能力。

2) 管涌及流土：在地基中渗透的水，会在下游出口处把土壤中的细小颗粒带走，使土壤孔隙增大，渗流速度也随之增加，于是渗流又可能带走较大的颗粒，这样从下游向上游发展，形成管状通道，以致引起地基沉陷破坏，这种现象叫做管涌。实践证明：砂性土(尤其是粉砂及细砂)容易发生管涌，粘性土由于颗粒之间存在粘结力，渗流不可能把个别颗粒带走，因此没有管涌问题。但在水闸下游渗流出口处，如向上的渗透压力太大，粘性土也可能整块被渗透水流掀起来，造成地基破坏，这种现象叫做流土。管涌和流土统称渗透破坏，对水闸的安全威胁较大，所以防渗问题也是水闸设计中的重要问题之一。

二、选择闸址应注意的一些问题

(1) 选择闸址首先要满足农田水利规划任务的要求。考虑地形、地质条件、工程量与工程造价的大小，施工条件的好坏，以及使用管理方便与否等各方面的问题，并尽可能按照综

合利用的精神办事，进行分析比较，确定一个闸址，使能最有利地控制整个受益区域。

(2) 灌溉进水闸的位置必须选择地势较高处，使水能自流灌溉整个灌区，或减少提水(水泵)扬程。排水闸要使排水区域内的水都能集中排出，宜选在地势较低处，并注意使洪水通过的路线最短。

(3) 闸孔轴心线应尽可能与进出口河道水流的流线一致，使水流通过水闸时比较顺畅，避免因水流改变方向而发生壅积或冲刷。进水闸渠首与河道的交角即侧面分水角 α，宜小于30度，且向上游倾斜(见图1*b*)。排水闸排水沟与河道交角需小于60度，且向下游倾斜(见图1*a*)。不得已时才采用较大的交角。

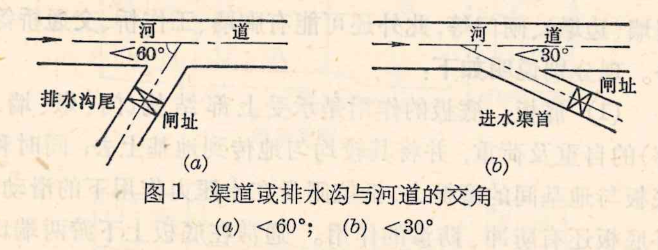


图1 渠道或排水沟与河道的交角

(*a*) <60°；(*b*) <30°

(4) 在多沙河流上引水灌溉时，进水闸址应选在凹岸顶点稍偏下游处，以免淤沙影响引水。

(5) 闸址离交叉河口处的距离，应大于2～5倍闸宽，上下游引河应尽量顺直。

(6) 闸址应选择质地比较均匀，压缩性小，承载力大的地基，以免发生过大的沉陷或不均匀沉陷。利用良好的岩层作为闸址最好。要尽量避免闸身部分在岩基上，部分在土基上，或部分在硬土上，部分在软土上，因地基承载力不一样，可能发生不均匀沉陷。在同样土质中选择高地或旧土堤作为闸址

也很好。在废河沟或池塘填筑起来的地基上建闸是不利的，要注意调查清楚。

三、水闸各组成部分的名称及作用

水闸由闸室、上游联接段、下游连接段三大部分组成(见图2)。闸室是控制水流和连接两岸的主体；上游渠道与闸室间渐变相接的过渡段称为上游连接段，其作用是引导水流平顺进闸和防冲、防渗；闸室与下游渠道间渐变相接的过渡段称为下游连接段，其作用是消能、防冲并使水流顺畅地出闸。

(一)闸室

闸室是水闸的主体部分，其基本组成部分有底板、闸墩、闸墙(边墩)、闸门等，此外还可能有胸墙、工作桥、交通桥等部分。现分别说明如下：

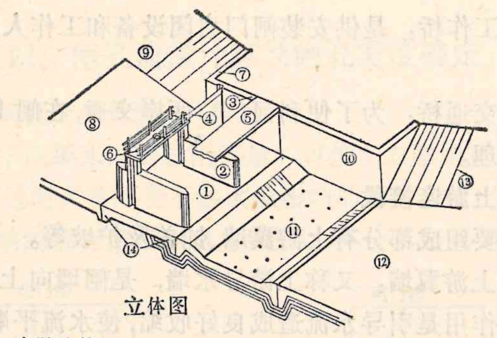
(1) 底板：底板的作用是承受上部结构(门、墩、墙、桥等)的自重及荷重，并将其较均匀地传到地基上去；同时利用底板与地基间的摩擦力，抵抗闸身在水压力作用下的滑动；此外底板还有防冲、防渗的作用。通常在底板上下游两端均设有插入地下的齿墙，以增加防渗、抗滑能力。

(2) 闸墩：闸墩的作用是分隔闸孔、支承闸门以及作为交通桥、工作桥、胸墙等上层结构的支座。

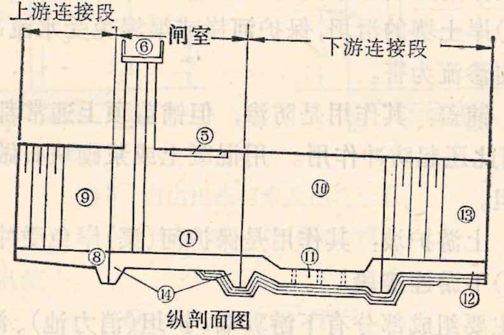
(3) 闸墙(边墩)：位于闸的两侧，是连接两岸的建筑物，除起闸墩的作用外，还有挡土和防止侧向渗流的作用。

(4) 闸门：是闸身的主要挡水部分，其作用是调节和控制上下游水位和流量。

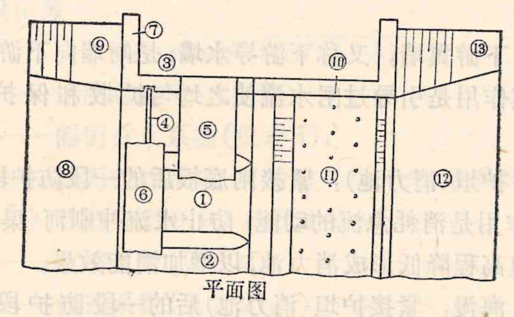
(5) 胸墙：其作用是在高水位时用来挡水，以减少闸门的高度。



立体图



纵剖面图



平面图

图2 水闸组成部分示意

1—闸底板；2—闸墩；3—闸墙(边墩)；4—闸门；5—交通桥；6—工作桥；7—上游翼墙；8—铺盖；9—上游护坡；10—下游翼墙；11—护坦(消力池)；12—海漫；13—下游护坡；14—齿墙

(6) 工作桥：是供安装闸门启闭设备和工作人员操纵闸门之用。

(7) 交通桥：为了便利河(渠)两岸交通，在闸上架桥，比较经济合理。

(二)上游连接段

其主要组成部分有上游翼墙、铺盖及护坡等。

(1) 上游翼墙：又称上游导水墙，是闸墙向上游的延伸部分。其作用是引导水流造成良好收缩，使水流平顺进闸；阻挡河(渠)岸土壤的滑坍，保护河岸或渠堤免受水流冲刷破坏；防止侧向渗流为害。

(2) 铺盖：其作用是防渗，但铺盖顶上通常都设有防冲护面，因此还起防冲作用。用混凝土或浆砌块石做的铺盖叫上游护坦。

(3) 上游护坡：其作用是保护河(渠)岸免受冲刷。

(三)下游连接段

其主要组成部分有下游翼墙、护坦(消力池)、海漫、下游护坡等。

(1) 下游翼墙：又称下游导水墙，是闸墙向下游的延伸部分，其作用是引导过闸水流使之均匀扩散和保护河(渠)岸。

(2) 护坦(消力池)：紧接闸底板后的一段防护段叫做护坦。其作用是消耗急流的动能，防止水流冲刷河(渠)床。通常将护坦高程降低形成消力池，以增加消能效果。

(3) 海漫：紧接护坦(消力池)后的一段防护段叫做海漫，其作用是继续消耗水流的能量，保护下游河(渠)床。

(4) 下游护坡：其作用与上游护坡相同。

四、闸孔流量计算及闸孔宽度确定

(一)闸孔流量计算

一般平底板水闸的过闸流量，可按水力学中宽顶堰公式计算。如过闸流量不受下游水位影响的称为自由出流；受下游水位影响的称为淹没出流(见图3)，其计算公式如下：

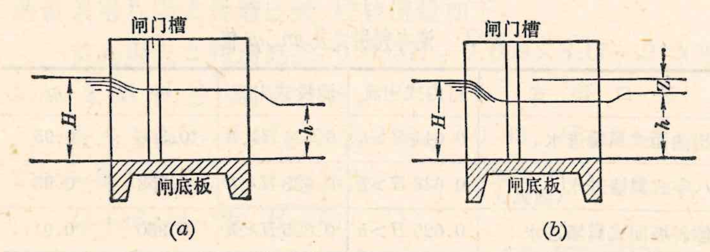


图3 自由出流与淹没出流示意

(a) 自由出流；(b) 淹没出流

自由出流

$$Q=\varepsilon\delta mb\sqrt{2g}\,H^{3/2} \quad (1)$$

淹没出流

$$Q=\varepsilon\delta\varphi bh\sqrt{2g(H-h)} \quad (2)$$

式中：Q——过闸总流量(米³/秒)；

δ——侧面分水系数(见表1)；

ε——侧面收缩系数，与闸墩形状有关，自0.85～0.95，普通采用0.9。单孔闸$\varepsilon=1.0$；

m——收缩系数(见表2)；

φ——流速系数(见表2)；

g——重力加速度($g=9.8$米/秒²)；

b——闸孔总净宽(米)；

H——闸前水深(上游水深)(米)；

h——下游水深(米)。

利用表2可进行自由出流与淹没出流的判别。

表1 侧面分水系数δ值

分水角(度)	0°	30°	45°	60°	75°	90°
δ	1.00	0.97	0.95	0.93	0.90	0.86

表2 流态判别式及m、φ值

进口型式	自由式出流	淹没式出流	m	φ
扭曲面式翼墙进水	$0.644H>h$	$0.644H<h$	0.366	0.95
八字式翼墙进水(一字式、圆弧式)	$0.633H>h$	$0.633H<h$	0.358	0.93
倾斜坡面式翼墙进水	$0.625H>h$	$0.625H<h$	0.350	0.91

(二)闸孔宽度的确定

已知过闸流量及上下游水位差,求闸孔宽度有两种方法:

(1) 用式(1), $b=\dfrac{Q}{\varepsilon\delta m\sqrt{2g}H^{3/2}}$(自由出流时)或式(2), $b=\dfrac{Q}{\varepsilon\delta\varphi h\sqrt{2g(H-h)}}$(淹没出流时),求出闸孔总净宽度$b$(以10厘米为单位取整数,如2.24米,可取2.3米),再决定闸孔数目。

(2) 先根据渠道连接的需要,初步确定闸孔总宽度b,再核算是否能通过所需的流量。

闸孔总宽度决定后,再决定闸孔的数目,孔数愈多,闸墩数也愈多,但闸墩要阻碍水流,因此孔数以少为好。但每孔宽度又受闸门及启闭设备的限制,小型水闸一般宽度2~3米左右,可用手摇螺杆启闭机操纵。如水闸建筑需要兼顾到闸内外航运,则可根据附近一般船只的宽度,同时考虑启闭有无困难,来决定单个闸孔的宽度。

【例1】 某渠首闸,上游水深$H=3.05$米,下游水深$h=2.95$米,过闸流量$Q=19$米^3/秒,总干渠宽为8米,渠首与河道的交角为30°,试确定闸孔宽度及闸孔数目。

解:先据渠道连接的需要,将8米渠宽用两个1米宽的闸墩将渠首闸分为三孔,每孔宽2米,即闸孔总净宽$b=6$米。假设采用八字式翼墙连接,校核流量如下:

首先用表2判别流态:$0.633H=0.633\times3.05=2.2$(米)$<h=2.95$米,故为淹没出流。

查表1得$\delta=0.97$。查表2得$\varphi=0.93$,$H-h=3.05-2.95=0.1$米,取$\varepsilon=0.9$,算得:

$$Q=\varepsilon\delta\varphi bh\sqrt{2g(H-h)}$$
$$=0.9\times0.97\times0.93\times6.0\times2.95\sqrt{2\times9.8\times0.1}$$
$$=20(\text{米}^3/\text{秒})$$

因此认为拟定的闸孔宽度满足要求。

五、闸底设计

闸底是指铺盖、底板、护坦(消力池)和海漫等水闸底下与地基接触的一层建筑。闸底的结构在水闸中占有极重要的位置,闸的损坏多由于闸底的结构不适当或不够坚固造成的。在闸底设计中防渗和消能防冲是我们必须特别注意的两个问题。

(一)底板的构造及尺寸决定

小型水闸的底板一般用50~80号水泥砂浆砌块石,或100~150号混凝土建造,也有用浆砌青砖建造的。

闸底高程通常与上游河(渠)底同高,闸底板顺水流方向的长度一般为上下游最大水位差的1.5~3倍,并与闸墩长度

一致，而闸墩的长度又要满足布置交通桥及工作桥的需要。

闸底板的宽度及厚度等尺寸与闸室结构型式有关，闸室有整体式与分离式两种。

1．整体式闸室

闸墙（闸墩）砌筑在闸底板上并与闸底板连成整体，如图4所示。闸底板是闸室的基础，它把上部结构的荷重及自重较均匀地传到地基上去。

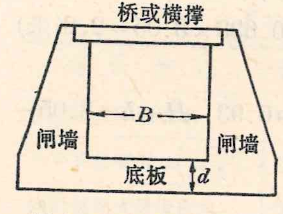


图4　整体式闸室示意

整体式闸室一般做成平底板的，其厚度可取1/4～1/6闸孔净宽，通常采用40～60厘米，这种底板结构简单，施工方便。

对于单孔水闸来说，由于闸墙（即边墩）占总造价的比重较大，若采用闸墙和闸底板连成整体的U型结构，并在闸的顶部架设交通桥或横撑，以抵抗闸墙后面的土压力，就比较经济（图4）。

2．分离式闸室

闸墙（闸墩）与闸底板用缝分开，如图5所示a、b两种型式。闸墙（闸墩）等上部结构的自重及荷重直接由闸墙（闸墩）传到地基上去，闸底板主要起防渗、防冲的作用。

图5中a式和b式在结构型式和施工方法上都各有特点：a式的闸墙（闸墩）及闸底板是用浆砌块石或混凝土砌筑的，闸墙（闸墩）的基础要适当扩大（每边伸出30厘米左右），墙（墩）的基础与闸底板间的接缝叫沉陷缝，缝中必须涂两层柏油止水防渗；b式是一种装配式水闸，它的闸墙及翼墙是用预制混凝土管装配的，闸底板用混凝土或浆砌块石砌筑，在闸墙与闸底板交接处浇一条三角形混凝土撑脚，以增加闸墙的稳定性（参阅图6）。在施工上，a式一般是先做闸墙（闸墩），

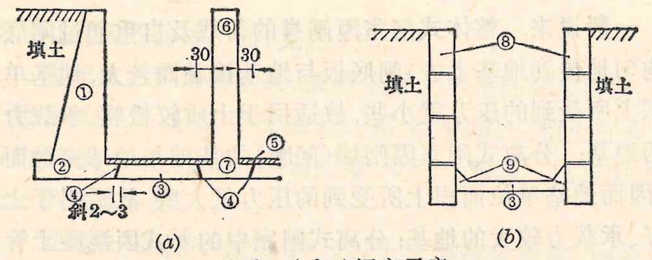


图5　分离式闸室示意

1—闸墙；2—闸墙基础；3—闸底板；4—沉陷缝；5—后浇混凝土闸底板；6—闸墩；7—闸墩基础；8—预制混凝土管闸墙；9—三角形混凝土撑脚

接着做闸底板（在做的过程中，沉陷缝中须涂柏油），在水闸基本完成或完成上部结构总重的70%以上时，再在闸底板及墙（墩）基础表面浇一层混凝土（如图5a中有阴影线部分），其厚度为5～6厘米；而b式在第一层混凝土管埋置后，立即砌筑闸底板和上下游护坦，以及各管相邻间隙部分的连接混凝土，三角形混凝土撑脚也同时浇好（详见本册混凝土管装配式挡土墙部分）。

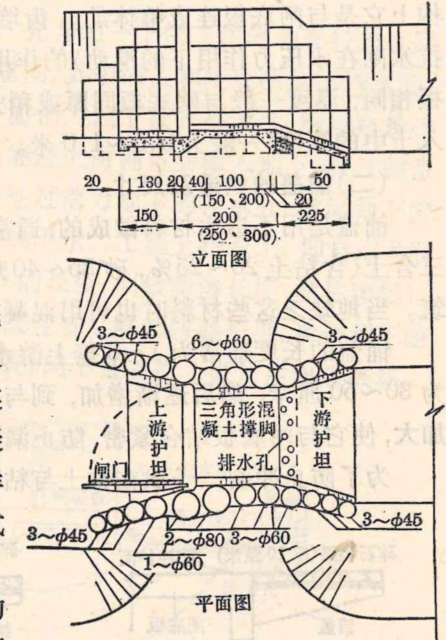


图6　混凝土管装配式水闸结构

（单位：厘米）

分离式闸室底板的厚度可采用30～60厘米。

一般说来，整体式闸室因闸身的荷载及自重通过闸底板较均匀地传到地基上去，闸底板与地基接触面较大，地基单位面积上所受到的压力就小些，故适用于土质较松软、承载力较差的地基；分离式闸室因闸墙(闸墩)的基础与地基接触面较小，因而地基单位面积上所受到的压力就大些，故适用于土质较好、承载力较大的地基；分离式闸室中的 b 式因混凝土管闸墙下面无底板(基础)，遇到很松软的地基(如淤泥)可采取预压的办法，将管子插入土中，以增加承载力(详见本册混凝土管装配式挡土墙部分)，故也可用于承载力差的地基。

通常在闸底板下面的上游端及下游端都设有齿墙，在结构上它是与闸底板连成整体的。齿墙有提高防渗及抗滑(抵抗水闸在水压力作用下的滑动)的作用。齿墙的材料与闸底板相同，厚度一般与闸底板同厚或稍大些，齿墙的高度(即插入土中的深度)一般为0.5～1.0米。

(二)铺盖的构造及尺寸

铺盖是用不透水材料做成的，通常用粘土、粘壤土及粘土三合土(含粘土20～25%，砂35～40%，砾石35～40%)来建筑。当地缺乏这些材料时也可用混凝土或浆砌块石来建筑。

铺盖的长度通常为1～3倍上游水深，铺盖的厚度上游端为30～50厘米，然后逐渐增加，到与闸底板接触处厚度更要加大，使它与闸底板结合紧密，防止漏水(见图7)。

为了防止冲刷，一般在粘土与粘壤土铺盖表面铺一层干

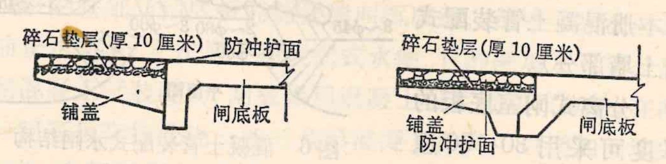


图7 铺盖的构造

砌块石或砖的防冲护面(见图7)。

因铺盖主要是防渗的，故铺盖层上不允许有垂直缝，因此不能分部施工，只能分层施工。粘土、粘壤土、粘土三合土铺盖施工时，必须分层铺土(每层厚10～15厘米)，认真夯实，否则防渗效果不佳。

浆砌块石铺盖，须用50号以上水泥砂浆砌筑，因浆砌块石中的水泥砂浆不易填实，所以浆砌块石铺盖容易漏水，故块石之间的缝隙，必须用水泥砂浆灌满，表面还要用水泥砂浆仔细勾缝以防漏水。

(三)防渗布置

在谈到防渗布置时，先介绍一下闸下渗流和渗径长度问题。图8是闸下渗流示意图，其中铺盖和闸底板是不透水的，而地基土壤是透水的，下游消力池下设有排水孔，所以也是透水的。闸门关闭时，水只能经上游铺盖前渗入地下，经过铺盖和闸底板下的土壤孔隙，通过消力池下的排水孔，渗流到下游去，如图8中的①②③④线所示。工程上将线①，即自点8沿基底8-7-6-5-4-3-2-1-0的长度，叫做防渗长度(简称渗径)。实践证明，只要使渗透水流经过足够的防渗长度，渗透到下游去，则渗流水头逐渐被消耗，闸下地基就不致发生渗透破坏。

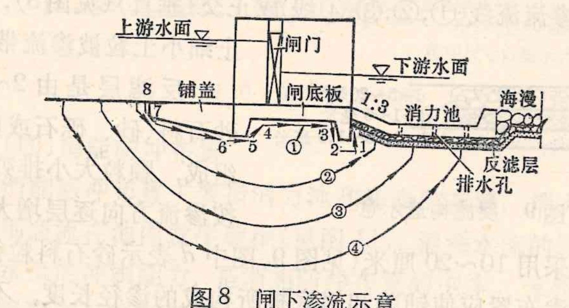


图8 闸下渗流示意

在各种不同的水头及土质情况下，防止渗透破坏所必需的最小渗径长度可用下面的经验公式估算：

$$L=C(H-h) \quad (3)$$

式中：L——防止渗透破坏所必需的最小渗径长度(米)；

H——闸上游水位(米)；

h——闸下游水位(米)；

C——渗径系数，视地基土质而异，有反滤层的系数较小(见表3)。

表3　渗　径　系　数

土壤名称	公式 $L=C(H-h)$ 中的 C 值	
	无反滤层	有反滤层
淤泥	12	8
细砂	10	6～8
中砂和粗砂	8	4～5
未腐化泥炭	7	5
腐化泥炭	12	8
黄土	7～8	3.5～4
砂质粘土	6～7	3～3.5

反滤层是防止发生管涌的有效措施，它布置在渗流出口处并与渗流流线(①,②,③,④线)成正交(垂直)(见图8)，以阻止细小土粒被渗流带走。

15　d=5～20毫米
15　d=1～5毫米
15　d=0.25～1.0毫米

图9　反滤构造示意

反滤层是由2～3层砂石料(砂、砾石或卵石)组成，颗粒大小排列顺序按渗流方向逐层增大，每层厚度采用10～20厘米(见图9，图中 d 表示砂石料粒径)。

防渗布置应使铺盖和闸底板所构成的渗径长度，不小于

上式所算得的渗径长度，否则就要调整铺盖或齿墙尺寸来延长渗径，以满足上述要求。

【例2】　某闸上下游最大水位差 $H-h=1.5$ 米，地基为细砂土，闸底防渗布置情况如图10所示，图中尺寸以厘米计，试校核渗径长度是否满足要求。

解：根据地基为细砂土，渗流出口处有反滤层的情况查表3得 $C=6$，算得 $L=C(H-h)=6\times1.5=9.0$(米)。

据图10算得闸底实有渗径长度 L'

$$L'=0\sim1+1\sim2+2\sim3+3\sim4+4\sim5+5\sim6+6\sim7+7\sim8+8\sim9$$
$$=0.4+0.5+0.8+3.6+0.8+0.5+0.3+2.0+0.5$$
$$=9.4\text{米}>L=9.0(\text{米})$$

满足要求。

注：在计算闸底渗径长度时，为计算方便起见，对其中的斜线部分(如图10中的4～5，7～8等)，可近似地取垂直或水平直线的长度。

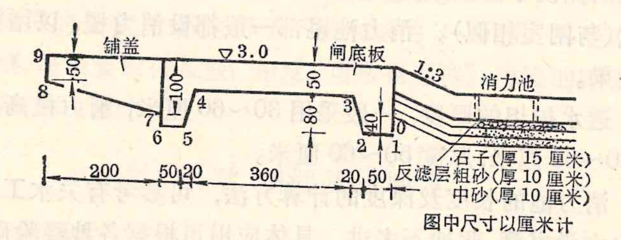


图10　某闸防渗布置

(四)消能防冲布置

消能防冲布置主要指消力池和海漫的布置，消力池能促使过闸急流在池内发生旋滚(见图11)，消耗水流的动能，以减低水流的冲刷能力，是消能防冲布置的主体。水流经过消力池消除部分能量后，对下游渠道仍有冲刷作用，故常在消力

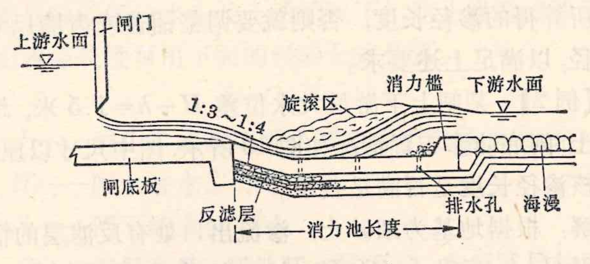


图11　消力池示意

池后设置海漫，继续进行消能防冲。

1. 消力池的构造及尺寸

消力池的底板，通常用75～100号混凝土或浆砌块石（水泥砂浆标号用50～80号）做成，和闸底板之间的高差用1:3～1:4的斜坡连接，常做成透水的；一般是设5～10厘米直径的排水孔，间距约1～2米；排水孔内填碎石，以防排水被泥沙堵死。消力池底下设反滤层，防止地基中土粒被渗流带走。底板两侧设下游翼墙，可做成整体式，也可用缝分开，做成分离式（与闸室相似）。消力池尾部一般都设消力槛，以增加消能效果。

透水护坦的厚度，一般采用30～60厘米，消力槛高度常用30～60厘米，厚度50～60厘米。

消力池的长度及深度的计算方法，可参考有关水工结构及水力学书籍，此地不多讲。具体应用可根据各地经验确定，一般小水闸水头不大（1～2米）时，消力池深度可取30～60厘米，消力池长度可取3～5倍下游水深。

2. 海漫的构造及尺寸

海漫的构造应当满足表面粗糙、耐冲、柔韧和透水的要求，以便消杀能量适应渠底变形和减少渗透压力。一般用抛石或干砌石（块石粒径20～30厘米）的方法构筑，对特别松软

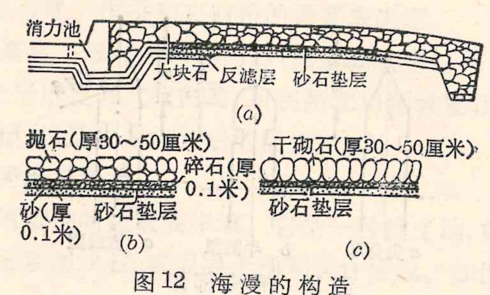


图12　海漫的构造

(a) 海漫纵剖面；(b) 抛石海漫；(c) 干砌石海漫

的地基，可先用柴排、梢捆垫底，再在上面抛石。顺水流方向做成缓坡使水流逐渐分散，在靠近消力池的一端水流紊乱，容易产生负压，因此在海漫起端下要做较厚的反滤层以防小土粒被带走，且起端要用较大的块石砌筑，以免损坏后影响消力池的安全。大部分海漫下可不做反滤层，只铺以10厘米厚的砂和10厘米厚的碎石，做成砂石垫层即可。在海漫末端可做40～80厘米深的齿墙，以保证海漫的稳定。

海漫的长度，一般应等于下游水深的3～6倍。易受冲刷的土壤，海漫要做得长些；相反，可做得短些。海漫的厚度一般为30～50厘米。

六、闸墩、闸墙及翼墙设计

(一)闸墩

通常用浆砌块石或混凝土（现浇或预制安装）建成。

闸墩的头部形状对过闸流量影响很大。工程上常用的形状有尖角型、半圆型和流线型（炮弹型），如图13所示。就水流平顺来说，流线型最好，半圆型次之，尖角型较差，但从施工来看，尖角型容易做，故多用于小型水闸的浆砌石墩；半圆型和流线型比较麻烦，多用于中、大型水闸的混凝土和钢筋混

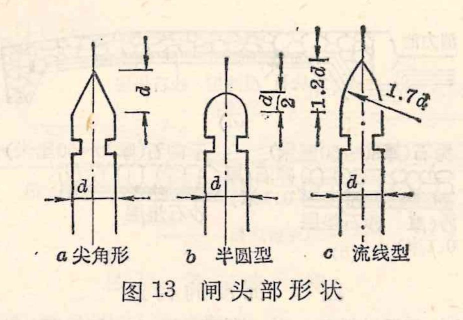


图 13 闸头部形状

凝土闸墩。近几年广东、江苏、浙江等地采用100～150号混凝土预制壳体（半圆型和流线型），镶砌在闸墩的两头，效果较好。壳体的厚度为5～6厘米，高20～30厘米，如图14 a、b 所示。

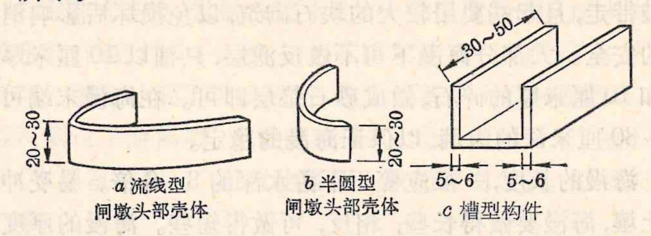


图 14 闸墩用混凝土预制构件示意

闸门的位置宜设在闸墩（闸墙）的上游段或中间偏上游一点，优点是减少了闸墩门槽处的拉应力，闸墩内可不放钢筋；也有放在下游段的，优点是可用门前水重增加闸室抗滑稳定，但这样布置门槽附近要加钢筋承受拉力。门槽的宽度要比门厚大3～5厘米。用浆砌块石建造时对门槽要用50号以上的砂浆砌筑，有条件的地方最好采用100～150号混凝土预制槽型构件（见图14c）砌筑，构件壁厚5～6厘米，长30～50厘米，宽根据门槽宽度决定。

闸墩厚度一般为60～100厘米，闸墩长度一般为3～6

米，并根据布置工作桥和交通桥的需要来决定。

闸墩高度一般与闸墙顶同高（比最高洪水位高出50～60厘米）。当采用提升式闸门时，可在闸墩顶部设置轻巧的支柱和导向门槽，以适应闸门开启的需要。

（二）闸墙与翼墙

(1) 闸墙也叫边墩或岸墙。它是一种挡土墙，如图15所示。一般用浆砌块石，或混凝土预制构件做成。如图16所示

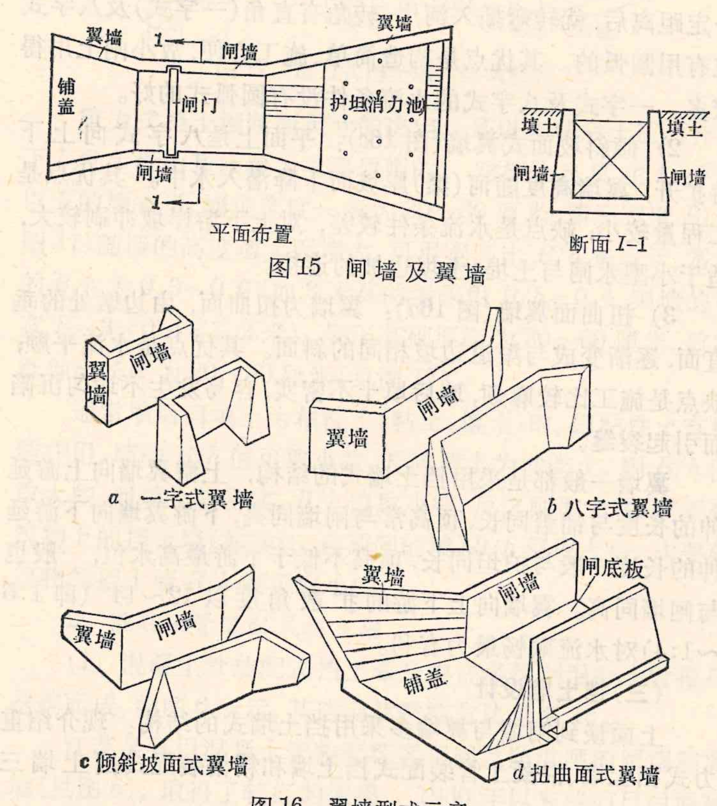


图15 闸墙及翼墙

图16 翼墙型式示意

的水闸，就是用预制混凝土管做闸墙的。

闸墙的背后一般都用土填实。填土高度与墙顶齐平，闸墙顶应高出上游最高洪水位50～60厘米。墙的长度与闸墩相同。

(2) 翼墙所用材料与闸墙相同。它有下面几种型式（见图16*a*、*b*、*c*、*d*）。

1) 一字式或八字式翼墙（见图16*a*，*b*）：翼墙向上游延伸一定距离后，就转弯插入河岸，转角有直角（一字式）及八字式也有用圆弧的。其优点是构造简单、施工方便，故小闸上用得较多。一字式及八字式的水流条件没有圆弧式的好。

2) 倾斜坡面式翼墙（图16*c*）：平面上是八字式向上下游扩开，翼墙高度随河（渠）岸坡而下降潜入水中。其优点是工程量较小；缺点是水流条件较差，对上下游岸坡冲刷较大，适于小型水闸与土堤、土坝边坡的连接。

3) 扭曲面翼墙（图16*d*）：翼墙为扭曲面，由边墩处的垂直面，逐渐变成与渠道边坡相同的斜面。其优点是水流平顺；缺点是施工比较麻烦，墙后填土不密实，容易发生不均匀沉陷而引起裂缝。

翼墙一般都是采用挡土墙式的结构，上游翼墙向上游延伸的长度与铺盖同长，顶高常与闸墙同高，下游翼墙向下游延伸的长度一般与护坦同长，顶高不低于下游最高水位，一般也与闸墙同高。翼墙向上下游的扩散角度以12～14°（即1:5～1:4）对水流顺畅最为有利。

(三) 挡土墙设计

上面谈到闸墙与翼墙多采用挡土墙式的结构。现介绍重力式挡土墙、混凝土管装配式挡土墙和箱格装配式挡土墙三种型式。

1. 重力式挡土墙

靠自身重量来维持稳定，因结构简单，施工方便，被广泛采用。其断面通常做成如图17所示的型式，临水面做成垂直的，背水面（挡土面）做成斜坡式。

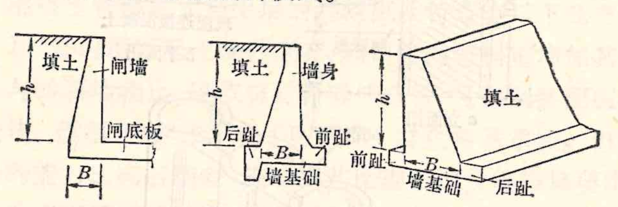


图17 重力式挡土墙的结构型式

重力式挡土墙断面尺寸的决定，是以在墙后土压力作用下不发生滑动和倾覆为主要原则的。对挡土高度在4～5米以下的墙来说，墙顶宽度一般为30～60厘米；墙底宽度B（见图17）随墙的高度增大而增大，可用宽高比B/h来表示，常用的B/h为0.3～0.6（如3米高的墙采用$B/h=0.4$，则墙的底宽$B=3\times0.4=1.2$米）。墙下基础厚度为30～60厘米，前后趾伸出长度为20～30厘米（见图17）。

通常墙后回填土为粘性土（粘土、壤土）时，因粘性土有粘结作用，墙的B/h值可取小些，若回填土为砂类土，则B/h值取大些；回填土较密实，B/h值取小些，反之则取大些；重要建筑物上的挡土墙（如迎江、迎湖闸的墙）B/h值取大些，次要建筑物的挡土墙B/h值可取小些。

2. 混凝土管装配式挡土墙

(1) 混凝土管装配式挡土墙是由许多预制混凝土管排列迭砌而成，如图6所示，其迭砌及联接方法见图18。

江苏吴县用混凝土管装配圩区套闸及防洪闸的闸墙和翼墙（见图6），取得了较好的效果。1966年以来他们已用混凝

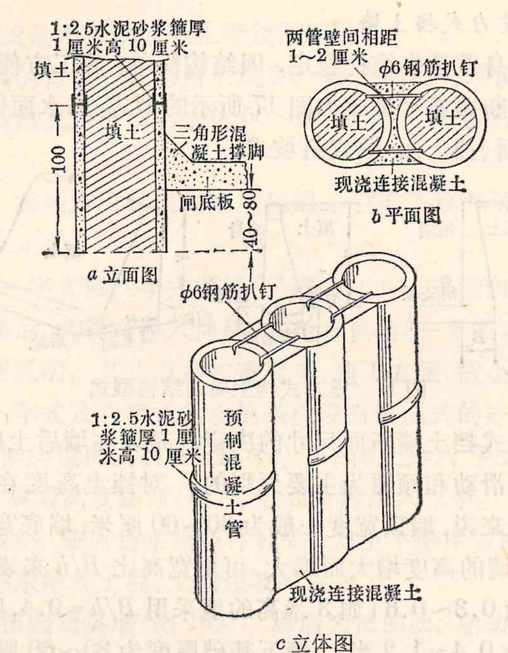


图18　混凝土管连接方法示意

表4　混凝土管尺寸

使用条件	管内径（厘米）	管壁厚（厘米）	管外径（厘米）	每节管长（厘米）	每节管混凝土的体积（立方米）	每节管重（公斤）
上下游翼墙挡土高：2.4米以下	45	5	55	100	0.0785	190
闸墙或翼墙挡土高：3.4米以下	60	6	72	100	0.125	300
闸墙安装闸门门框处	80	8	96	100	0.221	530

土管建造了三百多座套闸及防洪闸，现在还在继续建造。据他们的经验，管壁厚度采用管子内径的1/10左右，预制时要求混凝土标号不低于150号，否则运输时容易破损，常用的管子尺寸列于表4供参考。

混凝土管装配式挡土墙的优缺点及特点有以下几方面：

1）管内填以泥土或砂砾石，利用管内填料重增加其稳定性。与砖石墙相比，可节省材料降低造价，且预制装配施工速度较快，预制、装配技术也不太复杂，群众容易掌握。但其抗冲击的能力比砌石墙差，施工工艺比砌石墙及箱格墙要求高。在块石多而便宜的地区也不一定经济。

2）墙下不做基础（底板），混凝土管直接埋置在基土上，如遇软土地基，则在埋置第一层混凝土管后，在管顶加重预压，使管子插入土中，以达到增加承载力的效果。

3）在用混凝土管挡土墙作为分离式闸室的闸墙及翼墙时，可利用闸底板（或上下游护坦）作为墙的水平支撑；同时增加管的埋深，使管底面深入闸底板下一段距离，以增加墙身的稳定性（见图6与图18）。

4）相邻两管间的空隙，用现浇混凝土填实，管口上用两只扒钉扣住，以增加墙身的整体性（见图18）。

5）通常还在墙身与底板（或上下游护坦）接触处，浇一条三角形混凝土撑脚，以增加墙身稳定性（见图6与图18）。

（2）混凝土管墙施工时须注意下列几点：

1）混凝土管预制：最好由混凝土构件预制场统一制作，以节省模板，保证浇捣质量，增加产量，降低成本。若有条件采用机械（如土法制造的震动台）震捣则效果更好。

一般小型预制场，是用自制铁皮内外模，用三片弧面拼成圆筒，以利拆卸。混凝土按干硬性配制，水灰比约为0.3~

0.4，用手抓混凝土基本上不粘手为宜。用铁锤、铁锹人工捣实。内模可随浇随拆，外模每天也可脱模 1～2 次。

2) 混凝土管的运输：在水平运输需滚动管子时，要注意防止发生破损或裂缝。

3) 第一层混凝土管的埋置：埋深要足够，管子要对齐、竖直。第一层管埋置后，立即砌筑闸底板和上下游护坦，以及各相邻管间隙部分的混凝土，同时浇好三角形混凝土撑脚（见图 6 及图 18）。

4) 第二层混凝土管的安装：在安装前需把下层管内外的回填土填好。填土时要分层捣实，每填 10～15 厘米即用木榶或树棍夯实（砂土也可灌水密实）。填土完成后，将管口凿毛（或预制时扒毛）洗净，然后先铺浆，后装管，最后再在接缝处内外各抹一圈水泥砂浆箍，或在管内浇一圈混凝土内箍（厚 6～8 厘米，高 12～14 厘米）。在装管前要将两根扒钉扣在下层管口上，扒钉伸入管内弯脚要用砂浆粉抹。

5) 第三、四层混凝管的安装：做法及要求与第二层同。最上层混凝管后的填土不要一下填足，以免管子接头处砂浆

表 5　混凝土管装配式挡土墙参考尺寸

挡土墙挡土高度 h（米）	砂土	小于2.0	2.5	2.5～3.5	—	3.5～4.5	—
	粘土	小于2.5	3.2	—	3.3～4.0	—	4.1～4.5
墙断面型式		$1\phi45$（外径55）	$1\phi60$（外径72）	$2\phi45$ 上层 2 米用 $1\phi45$	$2\phi45$ 上层2.3米用 $1\phi45$	$2\phi60$ 上层2.5米用 $1\phi60$	$2\phi60$ 上层 3 米用 $1\phi60$
混凝土管埋深 h'（米）		0.4～0.5	0.5	0.5～0.6	0.5～0.6	0.7～0.8	0.7～0.8
说　明		表中“$2\phi45$，上层 2.5 米用 $1\phi45$”，表示墙顶以下 2.5 米内的挡土墙，由 1 排内径 45 厘米的管子构成；墙顶 2.5 米以下的挡土墙，由 2 排内径 45 厘米的管子构成（见图 19）					

被拉裂。

6) 在施工过程中最好在两闸墙间临时用横撑加固，以防管墙在施工中倾斜或倒坍。

(3) 混凝土管装配式挡土墙的尺寸，建议采用表 5 中的数据。

3. 箱格装配式挡土墙

箱格挡土墙是用三种定型化的箱格式预制构件迭砌而

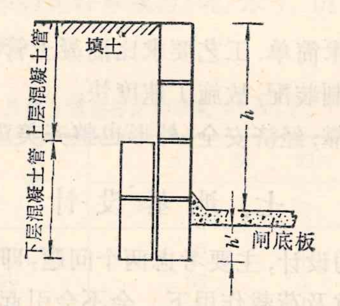


图 19　混凝土管装配式挡土墙断面

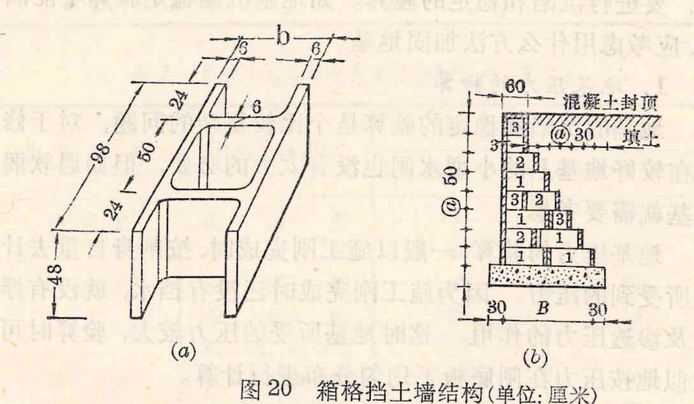


图 20　箱格挡土墙结构（单位：厘米）

(a) 箱格式预制构件；(b) 墙身横剖面

1 号构件 $b=120$；　2 号构件 $b=90$；　3 号构件 $b=60$；　$B=2b$

成。定型构件的尺寸及砌接方法如图 20 所示。其中墙的基础用 75 号混凝土埋块石就地浇筑，墙身是用 150 号混凝土预制箱格装配，箱内填以泥土或砂卵石。上游迎水面的一排箱格内以黄土(粘土)填实防渗(或填 30 厘米厚 50 号混凝土)。墙外表面用 100 号水泥砂浆填缝。

箱格挡土墙的优点是：

1) 因地制宜就地取材，适应砂卵石多、而块石缺乏的地区；

2) 迭砌技术简单，工艺要求比混凝土管墙低；

3) 因系预制装配，故施工速度快；

4) 牢固可靠，经济安全，外形也整齐美观。

七、地基设计

水闸地基的设计，主要考虑两个问题：即在软弱地基上建闸，在闸的自重及荷载作用下，会不会引起过大的沉陷和滑动，要进行沉陷和稳定的验算。如地基沉陷稳定验算不能满足，应考虑用什么方法加固地基。

1. 地基压力的验算

地基的沉陷和稳定的验算是个比较复杂的问题，对于修建在较好地基上的小型水闸也没有太大的必要，但如遇软弱地基就需要考虑。

地基压力的验算，一般以施工刚完成时，按闸身自重去计算所受到的压力。因为施工刚完成时还没有挡水，就没有浮力及渗透压力的作用。这时地基所受的压力较大，验算时可近似地按压力在闸底板下均匀分布进行计算。

$$R=\frac{W}{bL}\leqslant[R] \qquad (4)$$

式中：R——地基所受的压力(吨/米²)；

W——水闸底板(对分离式闸室，则为闸墩或闸墙基础)及上部结构的重量(吨)；

b——闸底板的宽度(米)，对分离式闸室，则为闸墙(闸墩)基础的宽度；

L——闸底板的长度(米)，对分离式闸室，则为闸墙(闸墩)基础的长度；

$[R]$——地基的允许承载力(吨/米²)，由表 6 和表 7 中选用。

表 6 砂类土地基的允许承载力[R]吨/平方米

土的名称	土壤的状态	
	密实的	中密的
砾砂和粗砂(与含水量无关)	45	24～34
中 砂	35	25
细砂：稍湿的	30	16～22
粉砂：很湿的	20	12～16

表 7 粘性土地基的允许承载力[R]吨/平方米

土的名称	孔隙紧密程度	含水状态	
		含水较少，较坚硬	含水较多，可塑的
砂壤土	密实的	30	30
	中密的	25	20
壤 土	密实的	30	25
	中密的	25	18
	较疏松的	20	10
粘 土	密实的(老粘性土)	50～60	40
	中密的	30	20
	较疏松的	20	10

如能满足上式要求，一般情况下地基的沉陷和稳定便不成问题。否则就需要采取结构上的措施或对地基进行加固。

水闸地基下面的土壤情况要进行试探才能知道，试探的方法可以挖试坑或用手摇钻(麻花钻)采取土样，对小型水闸试探深度3～6米即可。野外识别土壤的方法可参考第四册《小型水库》表1。

应该注意的是：在实际工程中常会遇到很软的粘土和淤泥。这些松软的土壤在表6和表7中是查不到[R]的，通常是应将地基加固的。

2. 地基加固的方法

软弱地基加固的方法较多，下面介绍几种简易的方法。

(1) 垫层法：先将闸基范围内的软土或淤泥挖去1～2米，然后用好土(壤土、砂壤土等)去换填，如图21所示。对换填的土壤应注意分层夯实。一般以换填壤土较好，因为防渗处理比较简单，如果没有壤土，换砂土也可以，但应考虑防渗措施，如做截水墙(齿墙)和铺盖等。

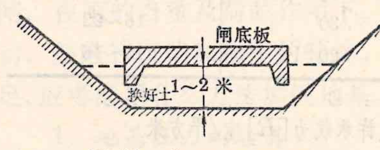


图21 垫层法示意

(2) 碎砖挤淤法：开挖闸基槽遇到稀泥流砂，当层次较厚不易清除时，可把闸槽挖深到设计高程以下0.5～1.0米，用碎砖回填，这叫做碎砖挤淤。回填碎砖应从一端向另一端推进，一边挤出稀泥，一边回填碎砖，每层厚15厘米左右，要用木夯分层夯实。用碎砖挤淤法加固地基，还应考虑防渗措施，一般是将截水墙楔入碎砖层下，深入到老土0.5米左右。如无碎砖也可用碎石、卵石等代替。但因碎砖的吸水性较大，故应优先采用。碎砖的粒径约5～7厘米。

(3) 碎石桩：在挖好的基坑面上铺一层厚20～40厘米的碎石(碎砖、卵石均可)，然后按预定的间距，用石磙夯将一堆堆的碎石夯入软土中。碎石陷入土中后，可再添再夯，直到夯不下去；同时碎砖石发出了清脆的声音为止。这样可使碎石桩周围的土壤挤紧，而达到加固地基的目的，如图22所示。用碎石桩加固地基时，也要考虑防渗问题，其方法与碎砖挤淤法同。

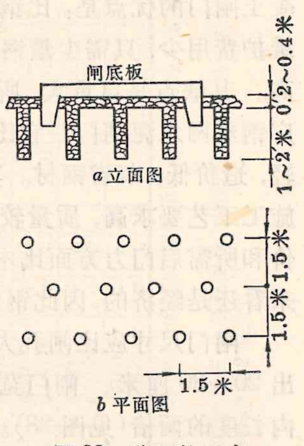


图22 碎石桩示意

碎石桩的深度约1～2米，桩直径约50厘米，桩的间距(中心到中心)约1.5米，在平面上的布置成梅花形。碎石的粒径为5～10厘米。石磙夯重约70～80公斤。

为使碎砖、碎石能互相连接，易于打实，铺在表面的一层碎砖、碎石内可掺入一些湿粘土。其数量以填满碎砖石孔隙为限；其湿度以"手捏成团，落地开花"为好。此法在碎砖挤淤法中也适用。

八、闸门和启闭机

闸门种类很多，小型水闸上常用的有平面闸门和拱形闸门两种。闸门的材料有木材、钢、钢筋混凝土和钢丝网水泥等。闸门的型式和尺寸关系到水闸的整体布置，是水闸设计中重要部分之一。

由于目前我国钢材和木材还不能大量满足需要，所以近几年来各地都在发展钢筋混凝土和钢丝网水泥闸门。钢筋混

凝土闸门的优点是：比钢闸门节省钢材，比木闸门经久耐用；维护费用少，只需少量钢筋，且可现场浇筑，技术要求也不太高。其缺点是自重大，所需启门力也大。故目前各地还在推广钢丝网水泥闸门，它比钢筋混凝土闸门抗裂性能好，自重轻，造价低，节省钢材。其缺点是耐久性和抗冲击能力较差，施工工艺要求高，质量较难控制。虽然钢丝网水泥闸门在造价和所需启门力方面比木闸门高，但从管理、养护、使用年限来看还是经济的，因此钢丝网水泥闸门的使用越来越普遍。

闸门尺寸应比闸孔大些。闸门高度应比上游最高水位高出 20～30 厘米。闸门宽度等于闸孔净宽加上闸门伸入门槽内长度的两倍(见图 23)。闸门伸入门槽的长度一般为 10～20 厘米。

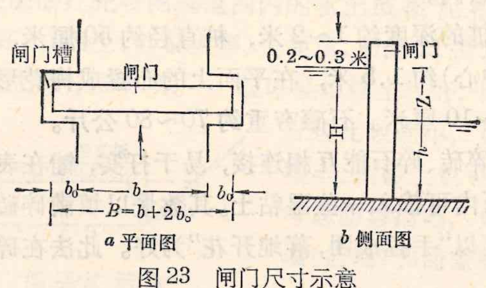


图 23 闸门尺寸示意

(一)钢筋混凝土闸门

有平板式与梁板式两种。平板式一般适于跨度小于 2 米的闸门；当跨度大于 2 米时通常用梁板式闸门。

平板式闸门：厚度采用 8～12 厘米，上下等厚。因闸门受水压力作用后使门的上游面受压力，下游面受拉力，故钢筋应放在靠下游一边。一般都是配置纵横网格式钢筋(见图 24)。其中水平方向的钢筋叫做水平筋，是主要受力筋，应放在靠最下游面一边，并保证钢筋外有 2 厘米厚的保护层。

表 8 平板式钢筋混凝土闸门配筋

水头(米)	配筋		门宽(米) 1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5
		门厚(厘米)	8	8	8	10	10	10	12	12
1.0	水平筋	上半	ϕ6@20	ϕ6@20	ϕ6@17	ϕ6@18	ϕ6@14	ϕ6@12	ϕ6@12	ϕ6@9
		下半	ϕ6@17	ϕ6@11	ϕ8@15	ϕ6@9	ϕ8@12.5	ϕ8@10	ϕ8@10	ϕ8@8
1.2	水平筋	上半	ϕ6@20	ϕ6@20	ϕ6@14	ϕ6@15	ϕ6@12	ϕ6@9.5	ϕ6@10	ϕ8@14
		下半	ϕ6@14	ϕ6@9.5	ϕ8@12.5	ϕ6@13	ϕ8@10	ϕ8@8	ϕ8@8	ϕ10@10
1.4	水平筋	上半	ϕ6@20	ϕ6@17	ϕ6@12	ϕ6@13	ϕ6@10	ϕ8@14	ϕ6@8.5	ϕ8@11
		下半	ϕ6@12	ϕ6@8	ϕ8@10	ϕ8@11	ϕ8@8.5	ϕ10@10	ϕ8@7.5	ϕ10@9
1.6	水平筋	上半	ϕ6@20	ϕ6@14	ϕ8@19	ϕ6@11	ϕ6@9	ϕ8@12.5	ϕ8@13	ϕ10@16
		下半	ϕ6@10	ϕ8@12.5	ϕ8@9	ϕ8@9.5	ϕ8@7.5	ϕ10@9	ϕ10@10	ϕ12@11
1.8	水平筋	上半	ϕ6@19	ϕ6@13	ϕ6@9.5	ϕ6@10	ϕ8@14	ϕ8@11	ϕ8@12	ϕ10@15
		下半	ϕ6@9	ϕ8@11	ϕ8@7.5	ϕ8@8.5	ϕ10@10	ϕ10@8	ϕ10@9	ϕ12@9.5
2.0	水平筋	上半	ϕ6@17	ϕ6@11	ϕ6@8.5	ϕ6@9.0	ϕ8@12.5	ϕ8@10	ϕ8@10	ϕ10@12.5
		下半	ϕ6@8	ϕ8@10	ϕ8@7	ϕ8@7.5	ϕ10@9	ϕ10@7	ϕ10@8	ϕ12@8
2.2	水平筋	上半	ϕ6@15	ϕ6@10	ϕ8@13	ϕ8@14	ϕ8@11	ϕ10@14	ϕ10@15	ϕ10@11
		下半	ϕ6@7.5	ϕ8@9	ϕ10@9.5	ϕ10@10	ϕ10@8	ϕ12@9	ϕ12@10	ϕ14@10
2.5	水平筋	上半	ϕ6@14	ϕ6@9	ϕ10@18	ϕ10@12	ϕ10@15	ϕ10@12	ϕ12@19	ϕ12@14
		下半	ϕ8@11	ϕ8@7.5	ϕ12@12	ϕ10@9	ϕ12@10	ϕ12@7.5	ϕ14@12	ϕ14@8.5

说明：1. 表中 ϕ 表示光面圆钢筋的直径(毫米)，@表示钢筋的间距(厘米)，例如 ϕ6@20，即表示圆钢筋直径为 6 毫米，间距为 20 厘米；

2. 所有垂直钢筋都采用 ϕ6@20，这种钢筋工程上称为分布筋或构造筋，主要是使受力钢筋形成骨架，连成整体；

3. 钢筋用水平和垂直网格式布置，水平筋放在闸门下游面(净保护层 2 厘米)；

4. 上表适用于混凝土为 150 号，钢筋用 3 号钢；

5. 每根钢筋两端弯成钩形，使与混凝土粘结牢固。

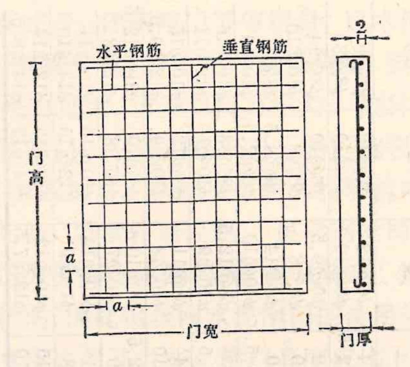


图 24　钢筋混凝土平板闸门结构

钢筋混凝土平板闸门的配筋，可根据闸门宽度、作用在门上的水头大小及闸门厚度等，按表 8 选用。

(二)钢丝网水泥闸门

目前常用的钢丝网水泥闸门有梁板式闸门、平板式闸门和拱形闸门三种型式。

梁板式闸门由钢丝网水泥面板和钢筋混凝土梁格浇成整体，适用于跨度大于 1 米的闸门。当跨度小于 1 米时只用钢丝网面板即可。这样可以使结构简单、制造方便、重量减轻、造价降低。用于小型的分水闸及斗门较合适。

拱形闸门由钢筋混凝土梁格与钢丝网水泥面板浇成整体。面板呈弧形，向上游拱出。在跨度及水头相同的情况下，钢丝网水泥拱形闸门可比钢丝网水泥梁板式闸门节省造价 20% 左右，故采用拱形闸门较经济，惟施工工艺较复杂。

附：钢丝网水泥平板式、梁板式及拱形闸门实例，供参考。

1. 平板式闸门

(1) 闸门尺寸 100×70(高×宽)，净跨 64 厘米，两边伸入闸槽各 3 厘米，承受水头为 100 厘米。

门板厚 2 厘米，采用 4 网 1 筋，钢丝直径 1 毫米，网格 10×10 毫米。为增加刚度，在受力方向上配 4 根 $\phi4@20$ 厘米的钢筋，用 400 号水泥砂浆粉抹，保护层 3 毫米。

门板上部 55 厘米高度内受力较小，采用两层钢丝网，门板下部 45 厘米高度内采用 4 层钢丝网，钢筋数量在门板上下布置一样。考虑到施工及闸门四周的加固，沿门板边缘布置一圈 $\phi4$ 的钢筋(见图 25)。

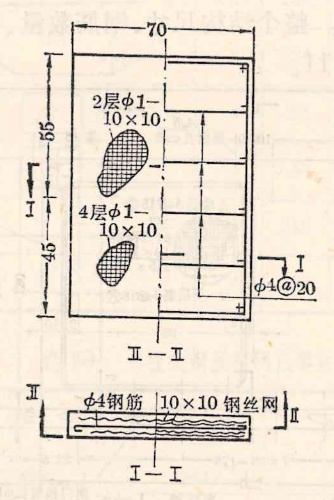


图 25　钢丝网水泥平板式闸门结构 (单位：厘米)

(2) 闸门尺寸为 100×108(高×宽)，净跨 100 厘米(两边伸入闸槽各 4 厘米，承受水头为 100 厘米。

面板厚 2.5 厘米，采用 5 网 2 筋，钢丝直径 1 毫米，网格 10×10 毫米；在纵横方向上各配 4 根 $\phi6@20$ 厘米的钢筋，横筋在下游面用 600 号水泥砂浆，保护层 3 毫米。

门板上部 55 厘米高度内，采用 3 层钢丝网，门板下部 45

厘米高度内采用5层钢丝网，钢筋数量，上下布置一样，门板四周边缘布置一圈 $\phi 6$ 的钢筋(其图与图25类似，故从略)。

2. 梁板式闸门

闸门尺寸为140×220厘米(高×宽)，闸孔净宽为200厘米，闸前水深为130厘米，面板厚2厘米，保护层厚3毫米。面板用2网2筋，钢丝直径 $\phi 1.2$ 网格10×10毫米；钢筋纵向和横向各一层直径4毫米；用400号水泥砂浆。

梁格为钢筋混凝土结构，混凝土标号400号，钢筋为 A_3，直径4~12毫米。整个结构尺寸、钢筋数量、铁件及工程量见图26及表9、10、11。

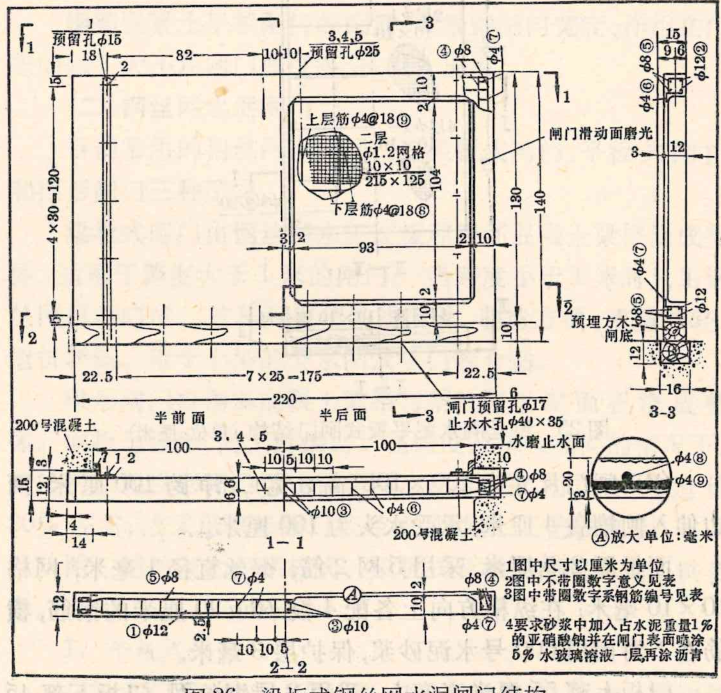


图26 梁板式钢丝网水泥闸门结构

表9 梁板式钢丝网闸门钢筋

编号	材料	尺寸	直径(毫米)	长度(厘米)	根数	共重(公斤)	备注
①	A_5	5 194 5 5	12	214	2	3.8	
②	A_3	5 194 5 5	12	228	2	4.1	平向弯钩尺寸均未标出
③	A_3	126	10	138	2	1.7	
④	A_3	126	8	136	8	4.3	
⑤	A_3	5 194 5 5	8	224	4	3.6	平向弯钩尺寸均未标出
⑥	黑铁丝	9 14	4	51	20	6.3	
⑦	黑铁丝	7 14	4	47	46		
⑧	黑铁丝	215	4	215	8		
⑨	黑铁丝	125	4	125	13		

表10 梁板式钢丝网闸门零件

编号	名称	材料	规格(毫米)	单位	数量	单件重(公斤)	总重(公斤)
1	止水橡皮固定螺丝、螺帽、垫圈	A_3	M10 L160	套	4	0.1	0.4
			M10 L50	套	6	0.04	0.2
2	止水橡皮扁钢	A_3	4×6×1380	件	2	2.60	5.2
3	吊耳安装螺丝、螺帽、开口销	A_3	M20 L170	套	2	0.51	1.0
4	起吊螺丝、螺帽、开口销	A_3	M22 L110	套	1	0.46	0.5
5	吊耳	A_3		套	1	4.42	4.4
6	底止水固定螺丝、螺母垫圈	A_3	M12 L190	套	8	0.18	2.4
7	侧止水橡皮		南京橡胶一厂产品#32	件	2		

表 11 梁板式钢丝网水泥闸门主要工程量

φ1.2网10×10 (米²/公斤)	弯扎钢筋(公斤)			零件加工(公斤)	型钢加工(公斤)	400# 砂浆(米³)	400# 混凝土(米³)	闸门重(连铁件)(公斤)	备注
	A_5	A_3	黑铁丝						
5.6/9.9	3.8	13.7	6.3	8.9	5.2	0.057	0.077	360	

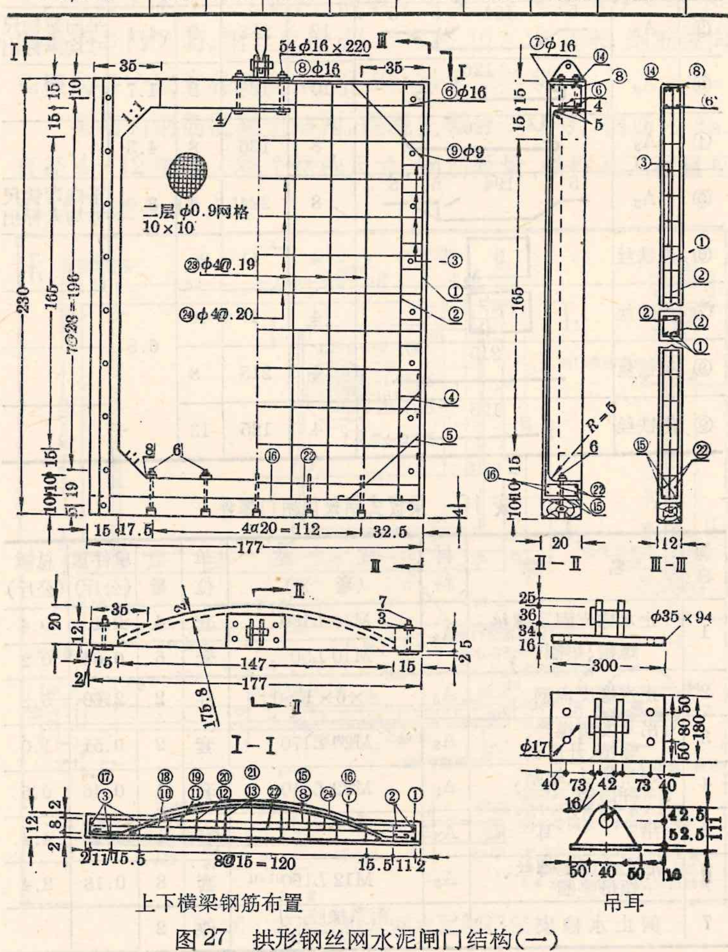


图 27 拱形钢丝网水泥闸门结构(一)

表 12 拱形钢丝网水泥闸门钢筋

部位	编号	直径(毫米)	型式	尺寸(厘米) a	b	c	长度(厘米)	根数	总长(米)	每米重(公斤/米)	重量(公斤)
柱	1	16		216			216	4	8.64	1.578	13.63
柱	2	9		216		6	228	6	13.68	0.499	6.82
柱	3	6		13.2	10.2	4	54.8	38	20.83	0.222	4.63
柱	4	9		14	10	6	46	4	1.84	0.499	0.92
柱	5	9		45	10	6	77	4	3.08	0.499	1.54
上横架	6	16		168		10	188	2	3.76	1.578	6.09
上横架	7	16		151		10	171	2	3.42	1.578	5.40
上横架	8	16		170	20	10	230	2	4.60	1.578	7.26
上横架	9	9		51	10	6	83	4	3.32	0.499	1.66
上横架	10	6		122	13.2	4	58.8	2	1.18	0.222	0.26
上横架	11	6		15.7	13.2	4	65.8	2	1.32	0.222	0.29
上横架	12	6		17.6	13.2	4	69.4	2	1.39	0.222	0.31
上横架	13	6		18.2	13.2	4	70.8	1	0.71	0.222	0.16
上横架	14	9		173		6	185	1	1.85	0.499	0.92
上横架	15	9		170	20	6	222	2	4.44	0.499	2.22
上横架	16	9		151		6	163	2	3.26	0.499	1.63
下横架	17	4		9.3	7.3	3	39.2	6	2.35	0.097	0.23
下横架	18	4		11.3	7.3	3	43.2	2	0.864	0.097	0.08
下横架	19	4		14.8	7.3	3	50.2	2	1.004	0.097	0.10
下横架	20	4		16.7	7.3	3	54.0	2	1.08	0.097	0.10
下横架	21	4		17.5	7.3	3	55.6	1	1.112	0.097	0.11
面板	22	9		173		5.5	184	2	3.70	0.499	1.85
面板	23	4		218	10	3	244	7	17.08	0.097	1.66
面板	24	4		152	13	3	184	9	16.56	0.097	1.61
	25		钢丝网						9.2m²		8.1
			合计								67.59

3. 拱形闸门

(1) 闸门尺寸为230×170(高×宽),闸孔净宽140厘米,两边各伸入闸槽15厘米,承受水头2.12米。

面板为向上游拱出的弧形板,半径$R=175.8$厘米,厚2厘米,采用2网2筋,钢丝直径0.9毫米,网格10×10毫米;钢筋直径4毫米;用300号水泥砂浆。框架(梁格)用300号混凝土浇筑,钢筋为A_3,直径4~6毫米。其钢筋、钢丝网用量、尺寸及布置见图27,表12、13。

表13 拱形闸门铁件

编号	名称	材料	规格	数量	单位	单位重(公斤)	合计(公斤)
1	吊耳	A_3		1	个		10.61
2	钢板	A_3	8×120×2280	2	块	17.34	34.68
3	垫板	A_3	5×50×2280	2	块	4.704	9.400
4	吊耳垫板	A_3	10×150×300	1	块		3.297
5	螺栓	A_3	$\phi16\times220$	4	根	0.52	2.08
6	螺栓	A_3	$\phi12\times200$	5	根	0.332	1.66
7	螺栓	A_3	$\phi12\times150$	18	根	0.282	5.076
8	垫铁	A_3	4×40×40	5	块	0.08	0.40
合计		A_3					67.271

(2) 闸门尺寸为380×300(高×宽),闸孔净宽350厘米,承受最大水头为1.5米,本闸门为圩区套闸上的闸门,门上有输水小门,闸门采用一字形旋转式启闭(见启闭机部分),门的面板可做成钢丝网水泥的,也可做成钢筋混凝土的,其结构及钢筋布置等见图28及图中附表。

(三)钢丝网水泥闸门施工工艺

钢丝网水泥结构是由数层(一般2~6层)迭置的钢丝网,用高标号水泥砂浆粉抹而成,它的厚度很薄,虽然施工操作技术不难掌握,但施工工艺要求很高,不论那一道工序稍有不慎都会严重影响结构物的质量,因此必须认真细致地按施工操作技术规定的要求工作,才能保证质量。

1. 钢丝网骨架成型

1) 将截好的细钢筋,按设计要求,在坚硬平直的工作面上用22~24号软铁丝扎成骨架;然后在其两侧铺设钢丝网,并用铁丝均匀地将钢丝网和钢筋绑扎成整体。

2) 钢丝网铺设是关键,应分层铺设,做到层层平顺紧直,不得起伏不平和弯曲,网的搭接长度应尽量错开,在同一截面上最好不多于一个接头。

铺设钢丝网时不能在上面乱踩,不能将泥土等污物留在网架上,施工时应加设铺板,人站在铺板上施工。

3) 当要求在网架上预埋钢筋或其他预制构件时,不得将钢丝网大块剪成孔洞,以免破坏整体性,形成最薄弱的渗水区,影响受力。应尽量设法将钢丝网拨开,错动留孔,万不得已时,才允许在非受力方向剪断几根钢丝留孔。预埋件必须与网架绑扎牢固,连成整体。

4) 网架扎成后,要检查网筋数目、尺寸、厚度等是否符合要求。凡有外露的钢丝及扎丝头均要剪平,或用尖嘴钳将它嵌入网内,并加以整理(用木槌敲平),保证网架表面平整,没有凹凸不平和扭曲现象。否则将影响受力和砂浆保护层的控制。

5) 网架应存放在干燥场合,且时间不宜过久,以免锈蚀。如有轻微水锈,应在批抹砂浆前除锈。

2. 制模

1) 为了节省木材，可以用砖，混凝土或钢丝网水泥等做成固定式模板或用土模。也可以不用模板，而将网架支撑直立起来，以后用人工批抹水泥砂浆。

2) 模板要求尺寸准确，表面光滑平整，无翘曲变形现象，所有凹陷、缝隙均应用油灰填平，在转角处，应有适当的弧度、倒角，以利脱模。

3. 砂浆批抹

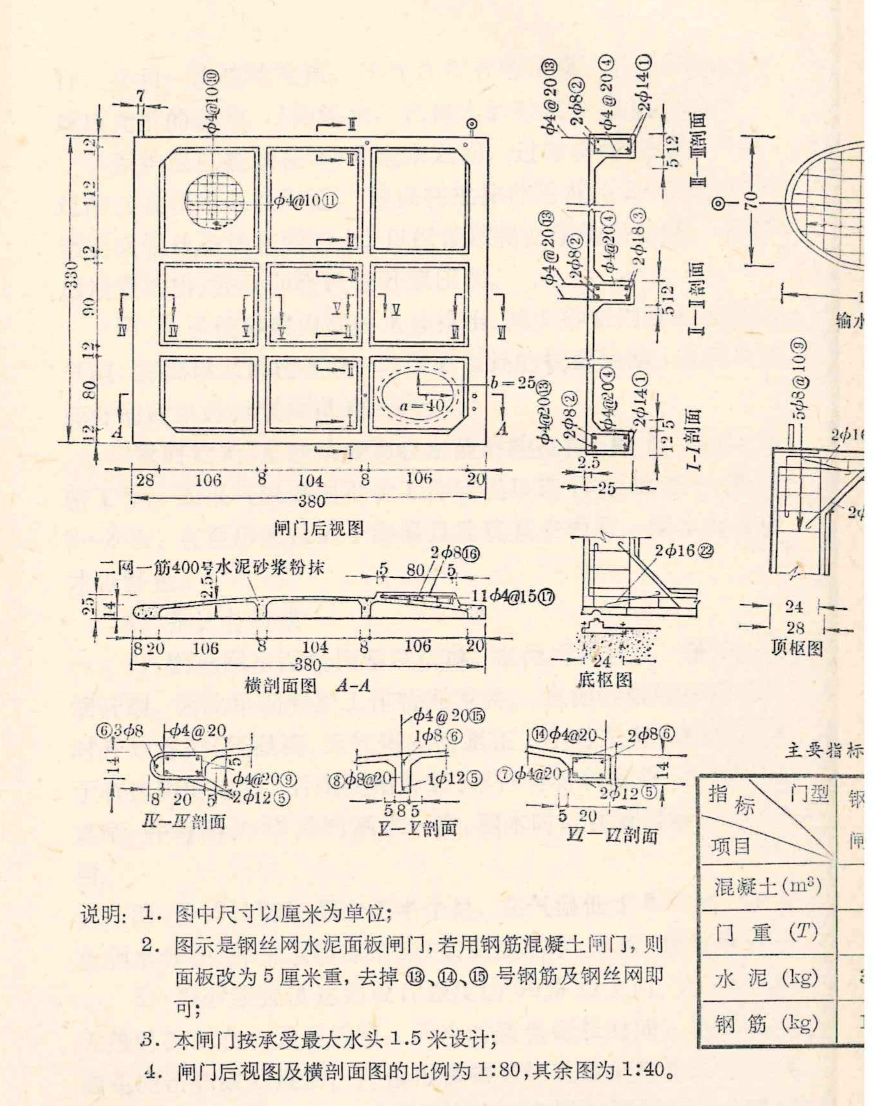
1) 在批抹前应检查模板尺寸及预留孔位置是否准确，有无变形、走样，并及时纠正。

2) 批抹前应先在模板上涂一层脱模剂。脱模剂一般用废机油、肥皂水、牛油(即机器用黄油)和石蜡煤油制剂(石蜡熔解后加入两倍煤油，边加边搅拌，待冷却后使用)。

3) 砂浆拌和必须均匀，不能有结块或颗粒存在，对机械拌和要求不少于3分钟，人工拌和要求拌至均匀一色为止，一般不少于"三干五湿"(即水泥与砂混合的干料抄翻三遍，加水后的湿料抄翻五遍)。在拌好的砂浆上用铲背一拍，如有浆出面，才适合使用要求。砂浆应随拌随用，从搅拌完毕到使用前不宜超过一小时。初凝以后的砂浆，不得继续使用。

4) 砂浆可用手工批抹或平板震动器、震动台震实。有模板的可先在模板上涂抹3~5毫米厚的砂浆，作为保护层；然后在模板内放入网架，再在网架上加一层砂浆，用人工或机械捣实压光。没有模板的可用铁板(或木板)从一边用力挤压砂浆，待砂浆挤到另一边最外层钢丝网后，在另一边粉平，不要在两边同时批抹，以免中间夹气泡。竖直批抹时应由低处向高处批抹。

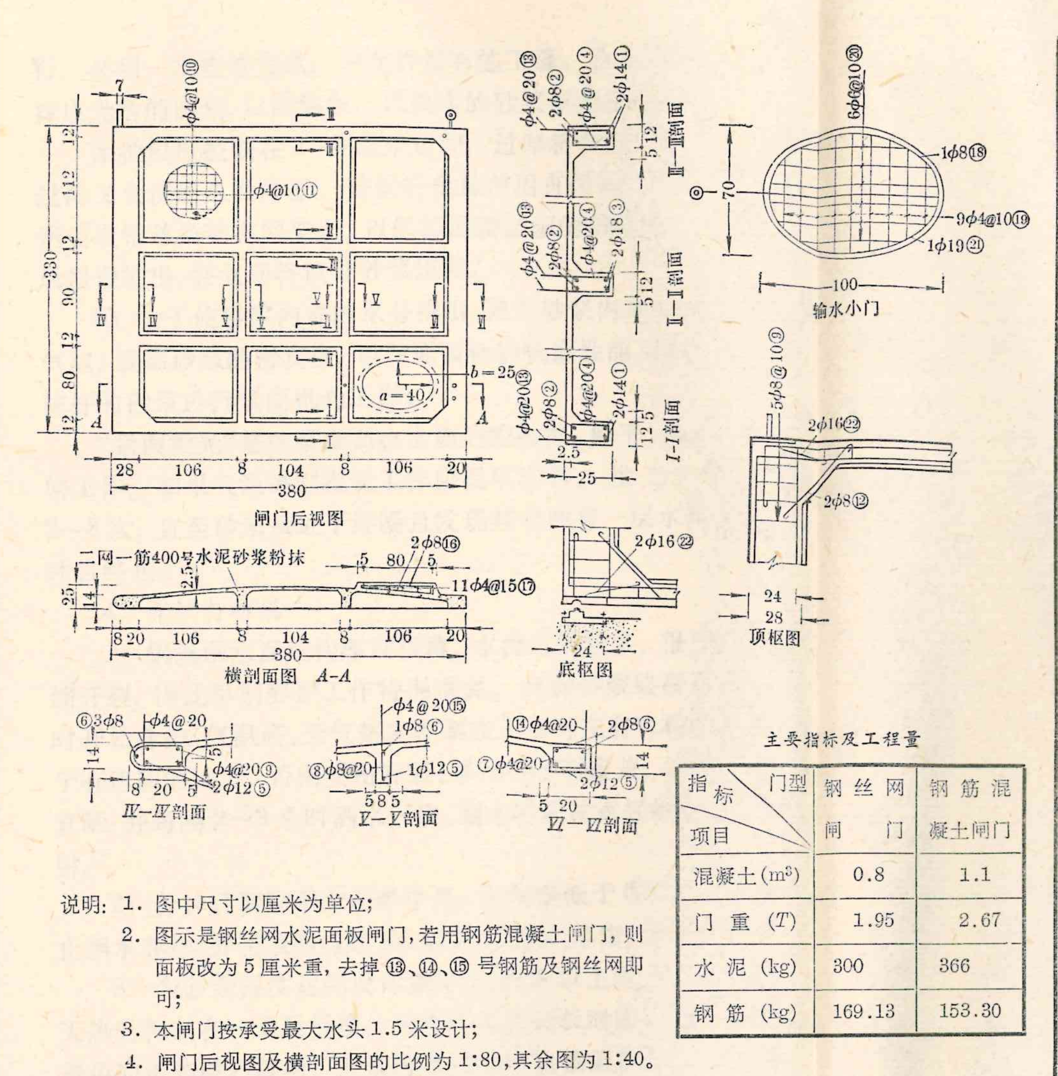
批抹应从尺寸小而复杂的部位开始，按行列有次序地进



指标 门型 / 项目	钢…
混凝土(m³)	
门 重 (T)	
水 泥 (kg)	
钢 筋 (kg)	

说明：1. 图中尺寸以厘米为单位；
2. 图示是钢丝网水泥面板闸门，若用钢筋混凝土闸门，则面板改为5厘米重，去掉⑬、⑭、⑮号钢筋及钢丝网即可；
3. 本闸门按承受最大水头1.5米设计；
4. 闸门后视图及横剖面图的比例为1:80，其余图为1:40。

图28 拱形钢丝网水泥闸门结构(二)



主要指标及工程量

指标 \ 门型 / 项目	钢丝网闸门	钢筋混凝土闸门
混凝土(m^3)	0.8	1.1
门重(T)	1.95	2.67
水泥(kg)	300	366
钢筋(kg)	169.13	153.30

说明：1．图中尺寸以厘米为单位；

2．图示是钢丝网水泥面板闸门，若用钢筋混凝土闸门，则面板改为5厘米重，去掉⑬、⑭、⑮号钢筋及钢丝网即可；

3．本闸门按承受最大水头1.5米设计；

4．闸门后视图及横剖面图的比例为1:80，其余图为1:40。

图28　拱形钢丝网水泥闸门结构(二)

附：

钢筋表

编号	图形尺寸	直径 mm	长度 mm	根数	总长 m	总重 kg	备注
①	3680 130	ϕ12	4060	4	16.24	14.42	
②	3760	ϕ8	3840	8	30.72	12.13	
③	3680 130	ϕ16	4100	4	16.40	25.90	
④	120～230 90	ϕ4	460～680	92	53.00	5.14	梁端钢筋间距加密为10～15cm
⑤	3250	ϕ12	3370	6	20.22	18.00	
⑥	3250	ϕ8	3330	7	23.31	9.20	
⑦	160 100	ϕ4	560	17	9.52	0.92	
⑧	200	ϕ8	280	34	9.52	3.80	
⑨	180 157 100	ϕ8 ϕ4	697 657	10 13	6.97 8.54	2.75 0.83	顶底枢钢筋各用5ϕ8×0.10
⑩	3760	ϕ4	3800	34	129.20	12.52	
⑪	3250	ϕ4	3290	39	128.20	12.42	
⑫	550	ϕ8	630	8	5.04	2.00	
⑬	300～410	ϕ4	320～430	130	4.50	0.44	
⑭	300	ϕ4	320	34	10.88	1.06	
⑮	400	ϕ4	420	34	14.28	1.39	
⑯	2240	ϕ8	2340	2	4.68	1.85	
⑰	40～110	ϕ4	80～150	11	1.27	0.12	
⑱	290	ϕ8	3000	1	3.00	1.19	
⑲	400～660	ϕ4	440～700	9	5.42	0.53	
⑳	680～940	ϕ6	745～1005	6	5.25	1.17	
㉑	1200	ϕ19	1390	1	1.39	3.1	
㉒	340 80 340	ϕ16	800	4	1.60	25.25	
小计169kg，其中：ϕ19，3.1kg　ϕ16，51.15kg　ϕ12，32.42kg　ϕ8，32.92kg　ϕ6，1.17kg　ϕ4，35.37kg　钢丝网13kg							

行。必须一次连续完成，不允许留有施工缝。直角部位最好抹成光滑的圆角，以防渗水。已捣实的砂浆不宜重复震动。

保护层应控制在2～5毫米之间，过厚将使抗裂性下降，过薄又会使耐久性降低。建议在批抹前用直径2～5毫米的钢筋或铅丝条垫在网架上，以保证取得必须的保护层。批抹后慢慢抽出，并立即将该处砂浆压实。

5）为了使砂浆内部的水分排出，减少砂浆内部的空隙和气泡，提高砂浆的密实度，以保证面板的抗渗性能，必须对批抹好的砂浆进行紧面批光工作。

"紧面批光"是砂浆表面收水前后的批抹、磨平、磨光、压密工作，如果气温高则批光工作应提早进行。批光一般须2～3次，直至砂浆接近于终凝且发现其表面有一层水泥油时才告终止。

4．养护与拆模

1）钢丝网水泥结构厚度很薄，水泥用量较多，很容易干缩开裂，因此早期养护工作特别重要。水泥砂浆终凝后2小时开始养护（气温高、天气热应控制在1小时左右），构件应置于有遮阴的地方，否则要用麻袋、草帘等材料覆盖，以免阳光直晒；并每隔2～3小时洒水一次，洒水时应注意轻淋，不能冲射。

2）养护日期应不少于半个月，在气温低于5°C时，应停止洒水养护，并采取防冻措施（如覆盖稻草、草帘、草包等）。

3）当砂浆强度达到设计强度的50%以上时，方可拆模。天热时控制在一天后拆模，天冷时适当延长时间。拆模时应避免冲击和激烈震动，严禁用铁器等物直接敲打构件，拆模后如发现表面有气孔或不平等缺陷，应用相同配合比砂浆修补。

5. 堆放和运输

预制构件堆放场地的土壤应坚实平整，在堆放和运输过程中，不轮立放、平放都应用垫木均匀垫稳，以防损坏。

6. 钢丝网水泥结构的防护

一般认为0.05毫米宽度以下的裂缝，且深度仅止于表面的，并不影响结构物的使用，但应在施工过程中采取适当措施防止为好。大于0.05毫米宽度的裂缝，容易使空气中水分和氧气通向结构物钢丝表面，引起钢丝锈蚀，而且裂缝中的水分在冬季结冰时体积膨胀，会使结构物破损。因此除在施工时注意操作和细致养护外，可在结构物制成后，于表面涂刷防护涂料，以提高结构物耐久性和抗渗性，保护网筋免遭锈蚀。

防护涂料可采用热沥青或防水剂。一般涂刷构件迎水面1～2遍即可。调制防水剂的配料，可用"沥青:煤油(或汽油)=1:0.75"，配制方法是把沥青加热至80℃，熔化后并提至离火较远处，慢慢加入煤油，搅拌均匀后，趁热涂刷。

(四)启闭机

1. 小闸上闸门的启闭方式有两种

(1) 旋转式：闸门以门的一条边框为竖轴旋转启闭，有些地方叫它一字门(如老式独扇房门一样)。一般可在上下游水位齐平时，直接用人力推拉启闭，水网圩区的一些小套闸多采用这种型式。但在门前如有泥沙淤积的现象，就不宜采用这种型式。

(2) 提升式：闸门沿门槽上下垂直升降启闭，除很小的插板门可直接用人力或杠杆启闭外，一般都要用启闭机操纵。常用的启闭机有螺杆式和绳鼓式(绞关，绞车)两种，这两种都是既可用人力又可用动力机械(电动机或柴油机)操纵的。

目前小闸上多用螺杆式启闭机，启重量1～10吨，各地有关工厂已有定型产品可以选购(见表15)。

图29是一种转盘式螺杆启闭机，是用螺杆的下端与闸门连接，上端穿过装有螺丝套的转盘(与汽车驾驶员用的方向盘类似)，转盘安放于座架上，螺丝套的下面装有钢珠，以便减少摩擦力。转动转盘，螺丝套3就能带动螺杆上下移动而启闭闸门。

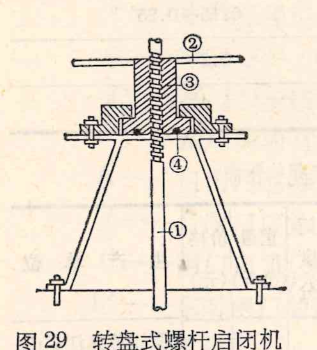


图29 转盘式螺杆启闭机

1—闸门杆；2—转盘；3—螺丝套；4—钢珠

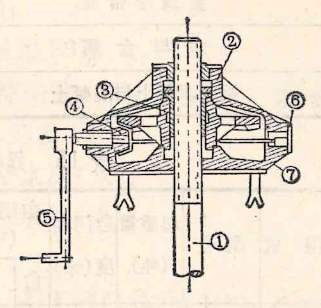


图30 手摇齿轮式螺杆启闭机

1—闸门杆；2—主螺母；3—大圆锥齿轮；4—小圆锥齿轮；5—摇把；6—上机壳；7—下机壳

图30是一种手摇齿轮式螺杆启闭机，当摇动手把时，小圆锥齿轮转动，带动大圆锥齿轮；大圆锥齿轮带动主螺母，就能使螺杆上下移动而启闭闸门。

2. 启闭力计算

启闭机应根据所需启门力大小以及启闭机类型、规格、性能(见表15)决定。

每个闸门所需启门力的大小可按下式估算：

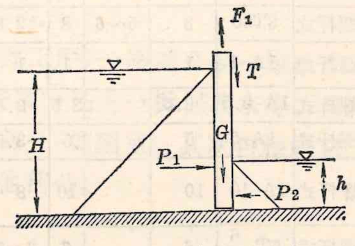


图31 启闭力计算示意

表 14　摩擦系数

种　类	摩擦系数
木与石	0.5～0.6
木与混凝土	0.5～0.6
铁与石	0.3～0.7
木与木	0.2～0.5
金属与金属	0.15～0.25
木与金属	0.2～0.6
钢筋混凝土与混凝土	0.65

表 15　螺杆式启闭机规格性能

型　式	型号	起重量（吨）	启门高度（米）	启闭能力（吨）		启门速度（米/分）	重量（公斤）	价格（元）	生产单位
				启	闭				
螺杆式	1T30	1	2	1	0.56				原江苏镇江矿山机械厂生产，现已由各地、县组织有关工厂生产
螺杆式	2T40	2	2.5	2	1.74	0.5	89		
螺杆式	2T50	2	2.5	2	2.0				
螺杆式	3T50	3	3.0	3	≮2.58		211		
螺杆式	3T60	3	4.0	3	≮2.26	0.1	460		
螺杆式	5T70	5	3.5	5	≮3.12	0.7			
螺杆式	5T80	5	4.5	5	≮2.86				
螺杆式	8T80	8	5～6	8	≮2.86		28		
螺杆式	1A-1	1		1	1	0.06	35		浙江余姚通用机器厂
螺杆式	1A-2.5	2.5		2.5	2.5	0.06	63		浙江余姚通用机器厂及浙江象山定塘农机厂
螺杆式	1A-5	5		5	3.5	0.08			
螺杆式	1A-10	10		10	8	0.1	146		浙江余姚通用机器厂及浙江省水电局机械工程处
螺杆式	6T-$\frac{6}{4}$	6		6	3～7		40		浙江萧山农机厂

$$启门力\ F_1=K\left[\frac{1}{2}\gamma Bf(H^2-h^2)+G\right] \quad (5)$$

$$闭门力\ F_2=K\left[\frac{1}{2}\gamma Bf(H^2-h^2)-G+W\right]$$

式中：K——安全系数，一般采用 1.25～1.50，主要考虑到启闭力要留有余地，保证在任何情况下有足够的启闭力；

γ——水的容重（1 吨/米^3）；

B——闸门宽度 $=b+2b$（见图 23）；

f——闸门与闸槽间的摩擦系数，根据闸门与门槽两接触面的材料决定，见表 14；

H——自闸门底算起的上游水深（米）；

h——自闸门底算起的下游水深（米）；

G——闸门自重（米）；

W——水对闸门的浮托力，等于闸门排开同体积水的重量。

现将有关螺旋启闭机产品规格及生产单位列于表 15，供参考。

九、小型水闸施工应注意的几个问题

1. 水闸施工顺序

打坝断流（在河道上建闸有此工序）→闸塘开挖→排水及地基处理→砌石（或浇混凝土）安装→还土→拆坝放水等。具体安排时注意：首先安排主要的部分（如闸室）；其次再根据它和其他部分的关系，相应安排其他部分。

2. 闸塘的开挖

闸塘开挖前先在四周挖好地面截水沟，防止地面水流入

闸塘。开挖中对一般土要先挖好中间一条纵向排水沟，当无条件自排时，还要设置集水坑，备好戽水或抽水机具。

在粉砂及细砂地基上，当地下水位较高时，挖了闸塘，则四周地下水位比塘底高出好多，就会发生渗流携带大量泥沙从塘底向上喷冒挤出的流砂现象，造成施工困难，影响工程质量。防止发生流砂的最好办法是降低地下水位。一般采用滤水提砂的办法，如在闸塘四周坡脚或坡面上铺设柴枕（芦柴、树枝或秫秸捆内夹稻草茅草等）或砂石反滤层，并在坡脚处设置有反滤的排水沟。为防柴枕下坍，可隔1米左右打入木（竹）桩一根（用力摇晃并向下压，桩即下沉）。也可集中力量突击抢挖或打井抽水，降低地下水位。

3. 注意地基土质和地下水的情况

闸塘开挖过程要随时注意地基土质及地下水情况。若遇到局部软弱土带（如废旧河沟、池塘等），须将闸址迁移至好土上（向上游或下游移动一段距离）或进行加固处理。闸塘清基前，挖土必须预留一定的保护层（20厘米左右），到砌筑闸底板或墙基前临时挖去，以保证老土不被扰动破坏，影响闸身安全（这对粉砂及细砂地基尤为重要）。

如发现冒气孔或冒水孔（泉眼），应立即在孔上铺设砂石反滤层，将水引出排走，最后用干硬性混凝土将其堵塞。若针对孔眼打入木桩，用棉花堵塞或用铁锅反盖其上，不是越塞越大就是东塞西冒，有害无益。如孔洞迅速大，抛砂石料堵塞是行之有效的措施，因砂石能透水，易密实，承载力也不低。

4. 保证挡土墙后的填土质量

挡土墙后的填土密实与否，直接关系到墙身的稳定（尤其是粘性土）。所以一定要严格掌握施工质量，控制好填土的含

水量（见第四册《小型水库》的土坝质量控制部分），分层铺土认真夯实，以保证填土质量。

5. 浆砌块石的要求

浆砌块石要达到“稳、错、紧、满”四个要求，即：石块要垫平放稳；石块与石块间要穿插、交叉、错缝，不准有通缝；块石间要互相挤紧，较大的空隙要用小石块塞紧；砂浆要用足，挤满缝隙，不能光在缝口上有浆，而内部空虚。

在混凝土面上砌石时，要先将混凝土表面凿毛、洗净，然后铺水泥砂浆，并用篾刷将砂浆刷一刷，再放块石，否则块石与混凝土结合不好，会形成渗水通道。

6. 防冻

在寒冷的冬季施工时要注意防冻，因水泥砂浆和混凝土在未结硬前，是容易冻坏的。所以砌石和浇筑混凝土，要避开早晚寒冷气候（0℃以下），选择较温暖的时候砌筑。必要时可先用热水（25°～60℃）拌和制料，然后再加水泥；或加占用水量5%的食盐于水中拌和（有钢筋及钢丝网时最好不用，以防钢材锈蚀）。已砌筑好的部分要覆盖稻草或草帘保暖，停止洒水养护以防冻坏。

7. 注意不同水闸的施工顺序

分离式闸室的闸墙及闸底板的施工顺序，a式和b式（见图5）都有各自的要求，不可混淆，否则会造成工程的失败。

附录　常用工程材料

(一)砖的标号

在工程中采用的砖料多为烧制的粘土砖，分青砖及红砖两种。红砖泡水后容易风化，耐久性差，不宜用于水中的建筑物，所以水工建筑物中采用的砖料多为青砖。青砖的标准尺寸建工部规定为240×115×53毫米，砖的等级常用它的标号来标志。砖的标号是指砖平放时抗压强度以公斤/平方厘米计的数值。建工部规定砖标号有50、75、100、150、200、250、300、400等几种。如试验所得砖平放的抗压强度在两个相邻标号之间，则按较低的标号处理。在水工建筑物中常用的砖料是100、150及200等三个标号，它们的其他相应强度见下表。

标号	极限强度(公斤/平方厘米)				备注
	抗压强度		抗折强度		
	平均值	最小值	平均值	最小值	
200	200	150	34	17	1. 表中最小值是指一组(5个)试件中强度最小的数值，平均值是指一组试件强度的算术平均值，其中低于平均值的不得超过2个。 2. 若砖样代表性不足，可取三组试件(每组5个)，以各组平均值及最小值的算术平均值来确定其标号。
150	150	100	28	14	
100	100	75	22	11	
75	75	50	18	9	
50	50	35	16	8	

(二)石的标号

石料标号是5厘米边长的立方块体为试件所得的抗压强度以公斤/平方厘米计的数值。按石料的抗压强度划分为300、400、500、600、800及1000等几个标号。若石料抗压强度大于1000公斤/平方厘米的，按标号为1000处理。抗压强度低于300公斤/平方厘米的石料，一般极易风化，在工程中应避免采用。如石料强度介乎上述两个标号之间，则按较低的标号处理。目前决定石料标号的办法，除用压力试验外，也有用石料的容重及吸水率来定其标号的，后一种方法的近似值见下表。

按吸水率和容重决定石料标号(近似值)

石料近似的标号	吸水率(%)		容重(公斤/立方米)	
	6个试件的平均值	试件中的一个最大值	6个试件的平均值大于	试件中的一个最小值
800	2	3.5	2500	2350
600	3.5	6.0	2400	2250
400	5	10	2350	2200
300	6	10	2250	2000

(三)水泥砂浆配合比

砂浆有石灰砂浆、水泥砂浆、水泥石灰混合砂浆及沥青砂浆等几种。石灰砂浆在水中不能凝结，不宜用于水工建筑物中；混合砂浆在水中能凝结，但其强度差，只可用在建筑物的次要部位；沥青砂浆由于价格较高，目前一般用在建筑物的止水缝地方；水工建筑物中用的最多的是水泥砂浆。

水泥砂浆的等级常用其标号来表示。砂浆标号是7.07厘米的立方体试块，龄期为28天所得的抗压强度以公斤/平方厘米计的数值。水工建筑物中常用的砂浆标号为50、75(80)、100等三级。125号或以上的砂浆只用在重要建筑物中特别重要的部位。25号砂浆可以为混合砂浆，只用于结构的水上部分。

一定砂浆标号内的水泥用量与水泥品种及水泥标号有关，实用材料配合比见下表所列。

表 1　水泥品种：普通硅酸盐水泥

砂浆标号	水泥标号	水灰比	每立方米砂浆材料用量(公斤/立方米)			比例(重量)
			水	水泥	砂	水泥:砂
200	500	0.61	280	459	1457	1:3.2
	400	0.53	280	528	1272	
150	500	0.72	280	389	1516	1:3.9
	400	0.64	280	437	1475	1:3.4
120	500	0.81	280	346	1555	1:4.5
(125)	400	0.72	280	389	1516	1:3.9
100	500	0.88	280	318	1578	1:5.0
	400	0.79	280	354	1547	1:4.4
80	500	0.96	280	292	1601	1:5.5
(75)	400	0.88	280	318	1578	1:5.0
50	500	1.12	280	250	1637	1:6.5
	400	1.04	280	269	1619	1:6.0

注：如果用细砂，水泥用量每 1 立方米应增加 5～10%，水量按比例增加，水灰比不变，砂子用量按表所列的减少 100～120 公斤。

表 2　水泥品种：矿渣硅酸盐水泥

砂浆标号	水泥标号	水灰比	每立方米砂浆材料用量(公斤/立方米)			比例(重量)
			水	水泥	砂	水泥:砂
200	500	0.55	285	518	1393	1:2.7
	400	0.48	285	594	1329	1:2.2
150	500	0.65	285	438	1462	1:3.3
	400	0.57	285	500	1408	1:2.8
120	500	0.72	285	396	1498	1:3.8
(125)	400	0.65	285	438	1462	1:3.3
100	500	0.78	285	365	1524	1:4.2
	400	0.71	285	401	1493	1:3.7
75	500	0.85	285	335	1550	1:4.6
(80)	400	0.78	285	365	1524	1:4.2
50	500	0.98	285	291	1588	1:5.5
	400	0.93	285	306	1575	1:5.1

注：如果用细砂，水泥用量每 1 立方米应增加 5～10%，水量按比例增加，水灰比不变，砂子用量比表中所列的减少 100～120 公斤。

(四)砂浆标号使用范围

名称	建筑物部位	砂浆标号	勾缝标号
排、灌、渠、建、筑、物	1. 一般上下游护坡护底	50	80
	2. 闸下护底	50	80
	3. 消力池下游护底	50	80
	4. 涵洞面墙、侧墙、拱上侧墙	50	80
	5. 拱(跨度2.0米以上者)	50～80	80～100
	(跨度2.0米以下者)	50	80
	6. 墩 ①中墩(高3.0米以上)	50～80	80～100
	(高3.0米以下)	50	80
	②边墩(高3.0米以上)	50～80	80～100
	(高3.0米以下)	50	80
	③轻型边墩	80～120	80～100
	7. 闸胸墙、倒虹门墙	50	80
	8. 渡槽、槽身、倒虹进出口护坡护底	80	80～100
	9. 陡坡急流槽、消力池	80～100	100～120
	10. 隧洞	50～80	80～100
	11. 低坝(5米以下者)	80	80～120
	12. 管床	25～50	抹平不勾
	13. 镇墩	50	外露部分80号,埋置部分不勾
水电站、抽水站枢纽	1. 进出水池	50	80
	2. 厂房基础	50	不勾
	3. 厂房周围边墙	50	50～80
	4. 临池厂房边墙	80	100
	5. 镇墩	50	80
	6. 管床	50	抹平不勾
	7. 尾水管	50	80
水库枢纽	1. 溢洪道: ①平流段护底护坡	50～80	80～100
	②陡坡($V \leqslant 10$米/秒)	80	100～120
	2. 填土明流涵管、放水管	80～100	120
	3. 填土明流涵管管床	80	抹平不勾

(五)砖石砌体材料消耗表

目前我国各地区工地对砂、石料、水泥等材料均以重量计算,砖料则用块(或千块、万块)为单位估计。

每1立方米砌体材料用量表:

砌体种类	青砖(块)	料石(吨)	片石(吨)	块石(吨)	砂浆(米^3)	备注
浆砌青砖	540	—	—	—	0.25	1. 石料为花岗岩或片麻岩时,每1立方米砌体内,增加100公斤。2. 毛石指块体重小于25公斤的块石而言。3. 材料损耗已估计进去。
浆砌料石	—	2.2	—	—	0.20	
浆砌块石	—	—	—	1.9	0.33	
浆砌片石	—	—	1.9	—	0.33	
浆砌毛石	—	—	—	1.8	0.35～0.38	

(六)混凝土配合比、材料消耗表

1. 混凝土所用各种材料的选择

(1) 水泥标号由要求的混凝土标号来选择,一般应用混凝土标号的2～3倍。用于溢流建筑物及受冰冻和经常受水冲刷的混凝土标号不低于400号。

(2) 水:适于饮用的水,均可拌和混凝土。工业废水、污水均不可用。

(3) 砂子:坚硬、清洁、杂质少,其含量(包括粘土、淤泥)不超过3%。混凝土中的砂料应按粗、中、细搭配。太细的砂不好。

(4) 石子:块状为宜,大、中、小要搭配,杂质(粘土、淤泥)不超过2%。混凝土中石子最大粒径不超过构件断面最小尺寸的1/3,如浇筑混凝土板或渠道衬砌时,不超过最小厚度的1/2,如用于钢筋混凝土不超过钢筋间距的2/3。一般石子粒径在0.5～4厘米。在缺石子地区,可用碎砖作为低标号混凝土粗骨料。

2. 混凝土标号及配合比

混凝土等级常用其标号来标志。混凝土标号是20厘米边长的混凝土立方块体,龄期为28天的抗压强度以公斤/平方厘米计的数值,常用符号R或R_{28}表示。水工中常用的混凝土标号是75、100、150、200、

250 及 300 等几种。300 号以上的混凝土多用在预应力结构中，75 号或标号更低的混凝土只用于不配钢筋的结构基础部分。

混凝土标号的大小可用下面经验公式决定：

普通硅酸盐水泥混凝土，粗骨料为碎石时，

$$R_{28}=0.45R_s\left(\frac{C}{W}-0.54\right)$$

矿渣水泥混凝土，粗骨料为碎石时，

$$R_{28}=0.38R_s\left(\frac{C}{W}-0.56\right)$$

如用砾石为粗骨料时，R_{28} 值按上式计算的乘上系数 0.9～0.93。这里 R_s 为水泥标号，C/W 为水泥用量对用水量的重量比。

上列的公式是实验室中总结出来的成果，实际施工中，工地条件与实验室内条件不一定相符合，应当考虑到工地条件和可能存在的不利因素，常要求施工的混凝土标号要比实验室所定的标号提高 15～20% 来估计材料用量。下面几个表可供具体施工时估计材料数量参考使用。

表 1　500 号普通硅酸盐水泥混凝土（粗骨料为碎石）

混凝土标号	水灰比	石子最大粒径（厘米）	砂率（%）	每立方米混凝土材料用量（公斤/立方米）					
				水	水泥	砂	粗骨料		
							小石	中石	大石
300	0.47	2	36.7	194	413	630	1101		
		4	32.5	174	371	586	556	667	
		8	25.7	145	309	496	493	291	669
250	0.54	2	38.3	194	360	676	1101		
		4	34.2	174	322	632	554	675	
		8	27.3	145	269	537	490	289	666
200	0.62	2	39.7	194	313	717	1101		
		4	35.8	174	281	673	551	672	
		8	28.8	145	234	576	487	287	663
150	0.74	2	41.1	194	263	760	1101		
		4	37.3	174	235	718	545	660	
		8	30.9	145	196	626	480	270	630
100	0.92	2	42.5	194	211	820	1101		
		4	39.1	174	189	765	538	652	
		8	32.9	145	158	679	474	278	638

表 2　500 号普通硅酸盐水泥混凝土（粗骨料为砾石）

混凝土标号	水灰比	石子最大粒径（厘米）	砂率（%）	每立方米混凝土材料用量（公斤/立方米）					
				水	水泥	砂	粗骨料		
							小石	中石	大石
300	0.44	2	31.1	179	407	547	1227		
		4	25.3	159	362	568	629	771	
		8	20.4	133	302	401	539	317	729
250	0.51	2	33.0	179	351	596	1227		
		4	27.1	159	312	514	627	769	
		8	22.3	133	261	447	536	315	725
200	0.59	2	34.6	179	304	643	1227		
		4	28.8	159	270	555	625	766	
		8	23.6	133	226	478	533	313	720
150	0.71	2	35.9	179	253	682	1227		
		4	30.6	159	223	603	615	752	
		8	26.0	133	187	536	522	303	702
100	0.88	2	37.4	179	203	732	1227		
		4	32.6	159	180	656	613	751	
		8	28.0	133	151	589	514	300	697

表 3　400 号普通硅酸盐水泥混凝土（粗骨料为碎石）

混凝土标号	水灰比	石子最大粒径（厘米）	砂率（%）	每立方米混凝土材料用量（公斤/立方米）					
				水	水泥	砂	粗骨料		
							小石	中石	大石
300	0.39	2	33.0	199	510	535	1101		
		4	28.4	179	459	488	559	683	
		8	21.9	150	385	406	498	294	674
250	0.45	2	36.1	194	432	614	1101		
		4	31.7	174	387	568	557	680	
		8	25.1	145	322	483	495	292	670
200	0.53	2	38.2	194	366	671	1101		
		4	33.9	174	328	625	555	677	
		8	27.1	145	274	532	492	290	666
150	0.65	2	40.1	194	300	739	1101		
		4	36.3	174	268	686	549	670	
		8	29.4	145	223	590	483	283	654
100	0.83	2	42.0	194	234	799	1101		
		4	39.1	174	210	762	541	667	
		8	31.9	145	175	654	478	280	648

表 4　400 号普通硅酸盐水泥混凝土(粗骨料为砾石)

混凝土标号	水灰比	石子最大粒径(厘米)	砂率(%)	每立方米混凝土材料用量(公斤/立方米) 水	水泥	砂	粗骨料 小石	中石	大石
300	0.37	2	27.4	184	498	457	1227		
		4	21.3	164	443	378	633	774	
		8	16.9	138	373	321	542	319	734
250	0.43	2	30.8	179	417	540	1227		
		4	24.9	159	370	460	631	771	
		8	20.2	133	310	396	539	317	
200	0.50	2	32.8	179	358	591	1227		
		4	26.9	159	318	509	629	768	
		8	22.1	133	266	442	536	315	725
150	0.61	2	34.8	179	283	651	1227		
		4	29.2	159	261	570	623	761	
		8	24.6	133	217	502	525	308	710
100	0.78	2	36.7	179	228	710	1227		
		4	31.4	159	203	626	616	753	
		8	26.9	133	170	564	524	308	708

表 5　500 号矿渣水泥混凝土(粗骨料为碎石)

混凝土标号	水灰比	石子最大粒径(厘米)	砂率(%)	每立方米混凝土材料用量(公斤/立方米) 水	水泥	砂	粗骨料 小石	中石	大石
300	0.41	2	34.8	203	495	565	1071		
		4	29.1	184	449	499	552	675	
		8	24.0	154	376	445	484	285	655
250	0.47	2	37.7	198	422	640	1071		
		4	32.3	179	381	576	550	672	
		8	27.0	149	317	517	481	283	651
200	0.55	2	39.6	198	360	694	1071		
		4	34.3	179	326	627	548	669	
		8	29.0	149	271	568	478	281	646
150	0.66	2	41.2	198	300	751	1071		
		4	36.4	179	271	684	544	666	
		8	31.2	149	226	623	468	276	634
100	0.84	2	43.1	198	236	811	1071		
		4	38.8	179	213	749	532	652	
		8	33.7	149	177	686	460	271	629

表 6　500 号矿渣水泥混凝土(粗骨料为砾石)

混凝土标号	水灰比	石子最大粒径(厘米)	砂率(%)	每立方米混凝土材料用量(公斤/立方米) 水	水泥	砂	粗骨料 小石	中石	大石
300	0.38	2	28.9	188	495	481	1195		
		4	23.1	169	445	406	615	751	
		8	18.8	142	374	355	526	309	712
250	0.44	2	32.2	183	416	560	1195		
		4	26.5	164	373	486	612	749	
		8	22.0	137	312	429	523	308	708
200	0.52	2	34.3	183	352	619	1195		
		4	28.7	164	316	540	610	746	
		8	24.1	137	264	481	520	306	704
150	0.63	2	36.2	183	291	678	1195		
		4	30.9	164	260	596	603	737	
		8	26.3	137	217	534	510	300	691
100	0.79	2	37.9	183	232	730	1195		
		4	33.0	164	208	652	598	730	
		8	28.4	137	174	592	510	300	690

表 7　400 号矿渣水泥混凝土(粗骨料为碎石)

混凝土标号	水灰比	石子最大粒径(厘米)	砂率(%)	每立方米混凝土材料用量(公斤/立方米) 水	水泥	砂	粗骨料 小石	中石	大石
300	—	—	—	—	—	—	—	—	—
250	0.40	2	34.4	203	508	555	1071		
		4	28.8	184	460	491	555	672	
		8	23.7	154	385	437	484	285	655
200	0.47	2	37.8	198	421	643	1071		
		4	32.8	179	381	576	552	670	
		8	27.0	149	317	517	481	283	651
150	0.57	2	40.0	198	348	714	1071		
		4	34.9	179	314	645	544	664	
		8	29.6	149	262	580	473	278	639
100	0.73	2	42.2	198	272	782	1071		
		4	37.6	179	245	718	538	653	
		8	32.3	149	204	652	466	272	632

表 8　400 号矿渣水泥混凝土(粗骨料为砾石)

混凝土标号	水灰比	石子最大粒径(厘米)	砂率(%)	每立方米混凝土材料用量(公斤/立方米)					
				水	水泥	砂	粗骨料		
							小石	中石	大石
300	—	—	—	—	—	—	—	—	—
250	0.37	2	28.5	188	508	470	1195		
		4	21.8	169	458	380	621	758	
		8	18.5	142	384	347	526	309	712
200	0.44	2	32.2	183	417	560	1195		
		4	25.8	164	373	473	618	755	
		8	22.1	137	312	432	523	307	707
150	0.55	2	34.7	183	334	629	1195		
		4	28.8	164	298	545	612	747	
		8	25.0	137	251	502	512	300	694
100	0.70	2	37.1	183	262	703	1195		
		4	31.6	164	235	615	602	737	
		8	27.9	137	196	573	506	298	680

注：表 1 至表 8，用的是中砂。如用细砂时，水泥用量应按表中所列的数字增加 3～5%，其他材料数量可以不改变。

(七)光面圆钢筋的横断面面积、重量及极限长度

直径(毫米)	在下列钢筋根数时钢筋面积(平方厘米)									重量(公斤/米)	无接头的极限长度(米)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
3	0.071	0.141	0.212	0.283	0.353	0.424	0.495	0.565	0.636	0.056	每卷重 50 公斤以内
4	0.126	0.251	0.377	0.502	0.628	0.754	0.879	1.005	1.130	0.097	
5	0.196	0.39	0.59	0.79	0.98	1.18	1.37	1.57	1.77	0.154	
6	0.283	0.57	0.85	1.13	1.42	1.70	1.98	2.26	2.55	0.222	
8	0.503	1.01	1.51	2.01	2.51	3.02	3.52	4.02	4.53	0.395	
9	0.636	1.27	1.91	2.54	3.18	3.82	4.45	5.09	5.72	0.499	12
10	0.785	1.57	2.36	3.14	3.93	4.71	5.50	6.28	7.07	0.617	
12	1.131	2.26	3.39	4.52	5.65	6.79	7.92	9.05	10.18	0.888	
14	1.539	3.08	4.62	6.16	7.69	9.23	10.77	12.31	13.85	1.208	
16	2.011	4.02	6.03	8.04	10.05	12.06	14.07	16.08	18.10	1.578	
19	2.835	5.67	8.51	11.34	14.18	17.01	19.85	22.68	25.52	2.230	
20	3.142	6.28	9.41	12.56	15.71	18.85	21.99	25.14	28.28	2.466	
22	3.801	7.60	11.40	15.20	19.00	22.81	26.61	30.41	34.21	2.984	
25	4.909	9.82	14.73	19.63	24.54	29.45	34.36	39.27	44.18	3.853	
28	6.158	12.32	18.47	24.63	30.79	36.95	43.10	49.26	55.42	4.834	
30	7.069	14.14	21.21	28.28	35.34	42.41	49.48	56.55	63.62	5.549	
32	8.042	16.08	24.13	32.17	40.21	48.25	56.30	64.34	72.38	6.313	9
36	10.18	20.36	30.54	40.72	50.90	61.08	71.26	81.44	91.62	7.990	
40	12.56	25.12	37.68	50.24	62.80	75.36	87.92	100.48	113.04	9.870	

(八)钢丝网水泥材料

1. 水泥砂浆

水泥采用普通硅酸盐水泥，其标号必须在400～500号以上，出厂日期不得超过半年。砂：洁净中砂，过筛后，最大粒径不超过2.5毫米，平均粒径应为0.3～0.5毫米，粘土淤泥杂质不超过3%。水泥砂浆标号一般采用300～400号，水灰比0.37～0.4，灰砂比1:1.5～1.75。

2. 钢丝网

钢丝网规格与重量表

直径（毫米）	网格（毫米）	每平方米重量(公斤)
0.6	8×8	0.4～0.43
0.7	6×6	0.95
0.7	7×7	0.81
0.7	8×8	0.613
0.7	10×10	0.573
0.9	10×10	0.88
0.9	12×12	0.65～0.675
1.0	10×10	1.0

钢丝网的适宜规格

钢丝直径 d(毫米)	1.2	1.0	0.8
网格(毫米)	≤13.5	≤10.5	≤8.0

(九)一般材料名称、单位、重量及规格表

材料名称	单位	单位重量(公斤)	材料规格	备注
水泥	立方米	1000～1500	常用的为300、400、500号	
砂	立方米	1400～1600		松方
碎石	立方米	1550～1700		松方
片石	立方米	1700	每块重在30公斤以上	松方
卵石	立方米	1700		松方
毛料石	立方米	1900～2100		松方
细料石	立方米	2000～2200		松方
青(红)砖	千块	2500	240×115×53毫米	
生石灰	立方米	800	末灰30%，块灰70%	
石灰	立方米	600	已化的粉状	
石灰膏	立方米	1400	成品方	
元木	立方米	750	直径27厘米以上，长4米以上	
元木	立方米	700	直径27厘米以下，长4米以下(半干)	
木板	立方米	500～700		
混凝土	立方米	2200～2400		
钢筋混凝土	立方米	2300～2500		
火雷管	千发	5	8#～6#	
电雷管	千发	10～12	6#～8#	
导火索	千米	24	120±5″	

农田水利小丛书(五)

小 型 水 闸

华东水利学院农水系
《农田水利小丛书》编写组 编

上海人民出版社出版
(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 2.25 插页1 字数 44,000
1975年7月第1版 1975年7月第1次印刷

统一书号: 16171·146 定价: 0.16元

NONG TIAN SHUI LI XIAO CONG SHU

统一书号：16171·146
定　价：0.16 元